

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:
INGENIERÍA AMBIENTAL

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERA AMBIENTAL

TEMA:
**ESTIMACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES BASADO EN EL ANÁLISIS
DE CICLO DE VIDA DE LA FASE AGRÍCOLA DE LA CADENA
AGROALIMENTARIA CONVENCIONAL Y AGROECOLÓGICA DE LA
REMOLACHA (BETA VULGARIS) EN EL CANTÓN CAYAMBE**

AUTORA:
FLOR LUCIA COELLO SHIGUANGO

TUTOR:
RONNIE XAVIER LIZANO ACEVEDO

Quito, febrero de 2019

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo Flor Lucía Coello Shiguango, con documento de identificación N° 1717945255, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del trabajo de titulación intitulado: **ESTIMACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES BASADO EN EL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LA FASE AGRÍCOLA DE LA CADENA AGROALIMENTARIA CONVENCIONAL Y AGROECOLÓGICA DE LA REMOLACHA (BETA VULGARIS) EN EL CANTÓN CAYAMBE**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERA AMBIENTAL, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....
Flor Lucia Coello Shiguango

171794525-5

Febrero, 2019

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo experimental, **ESTIMACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES BASADO EN EL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LA FASE AGRÍCOLA DE LA CADENA AGROALIMENTARIA CONVENCIONAL Y AGROECOLÓGICA DE LA REMOLACHA (BETA VULGARIS) EN EL CANTÓN CAYAMBE** realizado por Flor Lucia Coello Shiguango, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, febrero de 2019



.....

Ronnie Xavier Lizano Acevedo

171429158-8

DEDICATORIA

Con todo mi amor y cariño dedico este trabajo a quienes hicieron posible que yo pueda llegar hasta aquí, mis tíos Edgar Coello, Lupe Coello, Gustavo Chiluisa y Francelina Ordoñez.

A mis tres angelitos Rodrigo Coello, Blanca Ramos y Jaime Coello quienes con su amor celestial me cuidan siempre.

A mi madre Nelly Shiguango, mis hermanos Juan Carlos Coello, Yutsu Coello y Jorge Escalante Jr. por estar presentes en mi vida, por creer en mí y por apoyarme a su manera.

A mis tías Francisca Shiguango y Martha Shiguango, a mis tíos Klever Shiguango y Freddy Shiguango y a mi prima Jessika García que me han apoyado moral y económicamente. Gracias por sus consejos y por creer en que podía cumplir esta meta.

Al amigo de la familia el Sr. Jorge Escalante por brindarme su colaboración en los momentos cuando más lo necesitaba.

A mis eternos amigos de la universidad Angélica Naula, Francisco Mejía, Valeria Zamora y Pablo Mallamas por apoyarme durante toda mi vida universitaria, por cada consejo, por cada momento vivido en los grupos ASU.

FLOR LUCIA COELLO SHIGUANGO

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mi tutor el Ing. Ronnie Lizano por permitirme realizar este trabajo de investigación que me ha servido mucho para formarme profesionalmente.

Al Ing. Freddy Cuarán por su gran apoyo durante la realización del presente trabajo.

A mis compañeros Sabrina Loachamin, Wilson Álvarez y Paola Robles por estar siempre dispuestos a ayudarme en todo momento.

A la señora Erlinda Pillajo que muy amablemente nos recibió en su hogar para poder llevar a cabo el presente estudio.

A Sunny Sharma por ser partícipe de este trabajo experimental, por ser mi motivación y un excelente amigo.

A mi querido amigo Daniel Guamán por colaborarme siempre y darme ánimo en todo momento.

FLOR LUCIA COELLO SHIGUANGO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN	1
2	OBJETIVOS	3
	2.1 Objetivo General	3
	2.2 Objetivos Específicos	3
3	MARCO TEÓRICO.....	4
	3.1 Agricultura	4
	3.2 Historia de la Agricultura.....	4
	3.3 Tipos de Agricultura	5
	3.3.1 Agricultura Convencional.....	5
	3.3.2 Agricultura Agroecológica	5
	3.4 Agricultura y Medio Ambiente	5
	3.5 Agricultura en Cayambe	6
	3.5.1 Sistema Participativo De Garantía	7
	3.6 La Remolacha (<i>Beta vulgaris</i>)	8
	3.6.1 Origen	8
	3.6.2 Antecedentes	9
	3.6.3 Descripción Botánica.....	9
	3.6.4 Descripción Taxonómica	10
	3.6.5 Distribución Geográfica	11
	3.6.6 Valor Nutricional	11
	3.6.7 Fase Agrícola De La Remolacha	12
	3.7 Análisis del Ciclo de Vida.....	15
	3.8 Indicadores de Impacto Ambiental	16
	3.8.1 Huella de Carbono	16
	3.8.2 Huella Hídrica.....	17
4	MATERIALES Y MÉTODOS	18
	4.1 Materiales.....	18
	4.1.1 Fase de Campo.....	18
	4.1.2 Fase de Laboratorio.....	19
	4.2 Métodos.....	20
	4.2.1 Fase de Campo	20
	4.2.2 Fase de Laboratorio	21
	4.2.3 Fase de Gabinete	22

	4.2.3.1 Análisis de Ciclo de Vida.....	22
	4.2.3.2 Estimación de la Huella de Carbono.....	23
	4.2.3.3 Estimación de la Huella Hídrica	35
5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
5.1	Fase De Campo	41
5.2	Fase de Laboratorio.....	41
	5.2.1 Suelo.....	41
	5.2.2 Agua	43
	5.2.3 Pesticidas en agua, suelo producto.....	44
	5.2.4 Huella de Carbono.....	44
	5.2.5 Huella Hídrica	47
	5.2.6 Sistemas Participativo de Garantía	50
6	CONCLUSIONES	52
7	RECOMENDACIONES	54
8	BIBLIOGRAFÍA	55
9	ANEXOS	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Puntajes de las dimensiones del SPGCT	7
Tabla 2 Categorización de los productores agroecológicos de acuerdo al SPGCT	8
Tabla 3 Taxonomía de la remolacha	10
Tabla 4 Valor alimenticio de la remolacha cocinada	11
Tabla 5 Potencial de Calentamiento Global de los gases de efecto invernadero	17
Tabla 6 Materiales utilizados en la fase de campo	18
Tabla 7 Materiales utilizados para el análisis físico-químico del suelo	19
Tabla 8 Materiales utilizados para el análisis físico-químico del agua	20
Tabla 9 Factores de emisión por defecto para estimar las emisiones directas en N ₂ O	29
Tabla 10 Factores de emisión, volatilización y lixiviación por defecto para emisiones indirectas de N ₂ O del suelo	32
Tabla 11 Factores de emisión para fertilizantes	33
Tabla 12 Valor Calórico Neto de combustibles	34
Tabla 13 Factores de emisión por defecto para maquinaria todo terreno	34
Tabla 14 Densidad específica de los combustibles	34
Tabla 15 Variables para el cálculo del RAC de la remolacha	39
Tabla 16 Características de las parcelas de productores agroecológicos y convencionales	41
Tabla 17 Parámetros físicos-químicos del suelo	42
Tabla 18 Análisis de pesticidas en fertilizantes orgánicos	43
Tabla 19 Análisis físico-químico de agua de riego del SA y SC	43
Tabla 20 Huella de carbono del SA y SC	45
Tabla 21 Huella de carbono en distintos países y regiones	46
Tabla 22 Huella hídrica de los productores de remolacha del SA y SC	47

Tabla 23 Huella hídrica mundial de la remolacha y de la presente investigación 49

Tabla 24 Cumplimiento de las dimensiones del SPG de productoras agroecológicas
..... 50

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo de vida de la fase agrícola de la remolacha.	16
Figura 2: Fases del ACV.....	22
Figura 3: Metodología de ISO 14067 para la estimación de HC.....	23
Figura 4: ACV de la fase agrícola agroecológica de la remolacha.....	25
Figura 5: ACV de la fase agrícola convencional de la remolacha.....	26
Figura 6: Proceso para el cálculo de la variable <i>Combustible_a</i> , a partir de los kg de combustible consumido.....	35
Figura 7: Metodología de ISO 14046 para la estimación de HH.....	36
Figura 8: Entradas y salidas de agua en la fase agrícola de la remolacha.	37
Figura 9: Programa CROPWAT 8.0 para el cálculo del RAC	38
Figura 10: Datos meteorológicos Estación Olmedo - Pichincha (Humedad).....	39
Figura 11: Huella de carbono generado por cada productor.....	45
Figura 12: Comparación de la Huella de Carbono de los sistemas agrícolas SA y SC.	46
Figura 13: Huella Hídrica para el SA y SC	48
Figura 14: Huella Hídrica Total de los sistemas agrícolas	50
Figura 15: Evaluación de cumplimiento de las dimensiones del SPG de las productoras agroecológicas para la obtención del carnet.....	50

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Reunión de socialización del presente estudio en SEDAL.....	63
ANEXO 2. Muestreo de suelo	63
ANEXO 3. Muestreo de agua de riego	64
ANEXO 4. Muestras de fertilizantes (sólidos y líquidos)	64
ANEXO 5. Análisis físico-químico de las muestras de agua de riego y suelo.....	65
ANEXO 6. Modelo de encuesta para determinar entradas y salidas del SA y SC. ...	65
ANEXO 7. Resultados de laboratorio de LABOLAB.....	66
ANEXO 8. Fertilizantes sintéticos utilizados por productores convencionales	67
ANEXO 9. Zona de estudio.....	67

RESUMEN

La presente investigación se basó en la estimación de impactos ambientales de la fase agrícola de la cadena agroalimentaria convencional y agroecológica de la remolacha (*Beta vulgaris*) en el cantón Cayambe en base al Análisis de Ciclo de Vida (ACV), con la finalidad de comparar los resultados que evidencien los posibles beneficios en los aspectos social, económico y ambiental de ambas producciones agrícolas.

La metodología utilizada para Huella de Carbono (HC), Huella Hídrica (HH) y ACV se realizó siguiendo los lineamientos de ISO 14067, 14046 y 14044 respectivamente, en donde se determinó la unidad funcional para cada una de ellas, las entradas y salidas de la fase agrícola de la remolacha para evaluar los impactos ambientales que genera cada sistema agrícola y finalmente interpretar los resultados.

La HC se estimó empleando las directrices del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) y la HH se estimó siguiendo el Manual de Evaluación de Huella Hídrica publicada en 2015 por la Water Footprint Network (WFN); uno del software complemento que se utilizó para el cálculo de la HH fue el CROPWAT 8.0.

Los valores promedio de HC para el sistema agroecológico (SA) es de 0,52 kg CO₂eq/kg producto y del sistema convencional (SC) es de 2,66 kg CO₂eq/kg producto, superando al SA 5 veces más, mientras que el valor promedio de HH para SA es de 8,08 l/kg y de SC es 5,46 l/kg evidenciando que el SA requiere más consumo de agua que el SA.

ABSTRACT

The present investigation was based on the estimation of environmental impacts of the agricultural phase of the conventional agrifood chain and agroecological of beet (*Beta vulgaris*) in Cayambe based on the Life Cycle Analysis (LCA), with the purpose of comparing the results that show the possible benefits in the social, economic and environmental aspects of both agricultural productions.

The methodology used for Carbon Footprint (CF), Water Footprint (WF) and LCA was made following the guidelines of ISO 14067, 14046 and 14044 respectively, where the functional unit for each of them was determined, the inputs and outputs of the agricultural phase of the beet to evaluate the environmental impacts generated by each agricultural system and finally interpret the results.

The CF was estimated using the guidelines of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and the WF was estimated following the Manual of Water Footprint Assessment published in 2015 by the Water Footprint Network (WFN); one of the software complement that was used for the calculation of the WF was the CROPWAT 8.0.

The average values of CF for the agroecological system (AS) is 0.52 kg CO₂eq / kg product and the conventional system (CS) is 2.66 kg CO₂eq / kg product, surpassing the AS 5 times more, while the Average value of WF for SA is 8.08 l / kg and CS is 5.46 l / kg showing that the AS requires more water consumption than the CS.

1 INTRODUCCIÓN

La agricultura es una rama del sector agropecuario que aporta significativamente a la economía del país contribuyendo con el 5,9% del Producto Interno Bruto (PIB) (Montoya, 2016). La superficie total nacional actual destinada a la agricultura en el Ecuador asciende a 12 385, 973 hectáreas (ha), de los cuales, en la región sierra el uso de suelo destinado para cultivos transitorios como la remolacha en el 2016 fue del 31,34% (INEC, 2016).

En el Ecuador, los tipos de agricultura que se utilizan son el convencional y el agroecológico, entendiéndose como agricultura agroecológica a aquella que fomenta la conservación del suelo, de los ecosistemas y del ambiente, volviendo a las prácticas pasadas sin la utilización de agroquímicos con el único fin de obtener alimentos más sanos (Espinoza, 2018)., mientras que la agricultura convencional es aquella que requiere el uso de químicos, fertilizantes sintéticos, semillas transgénicas, combustibles y agrotóxicos para obtener los productos en el menor tiempo posible, generando impactos ambientales significativos al ambiente como los gases de efecto invernadero (GEI) (Ortega, 2009).

Conforme a lo expuesto, el presente trabajo plantea estimar los impactos ambientales que se generan en la fase agrícola de la agricultura tanto convencional como agroecológica de la remolacha. Para poder llevar a cabo este análisis se requiere de indicadores como la huella de carbono (HC) que permite conocer las emisiones de kilogramos de dióxido de carbono equivalente [kg CO₂ eq] generadas por cada kilogramo (kg) de producto que en el presente estudio es la remolacha (IHOBE S.A, 2009); mientras que la huella hídrica (HH) permite conocer el consumo de agua que se requiere para obtener un kg de producto; la unidad de medida metros cúbicos (m³) (FAO, 2017).

Con los datos obtenidos del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), se llega a determinar las ventajas y desventajas que se generan en los aspectos social, económico y ambiental por la utilización del Sistema Convencional (SC) y del Sistema Agroecológico (SA) de agricultura.

Cabe recalcar que el área de estudio es en el cantón Cayambe, en las parroquias de Ayora, Cangahua y Cusubamba, ya que en estas zonas existen productores de remolacha que utilizan SA y SC. Es así, que también se desea aportar con información verídica que permita reconocer productos agroecológicos de calidad mediante los Sistemas de Garantía Participativo (SGP) y aportar a las investigaciones realizadas en el país sobre la HC y HH de la remolacha.

Finalmente, los datos obtenidos del presente tema de investigación serán de mucha importancia para mantener actualizada la información en cuanto al tema de agroecología y agricultura convencional que se lleva a cabo en el Ecuador y así poder compararlos con la información que mantienen otros países. Además, su ejecución podrá ser de ayuda como guía para la utilización de herramientas como el ACV, para determinar HC y HH.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Estimar los impactos ambientales del sistema agroalimentario agroecológico de la remolacha (*Beta vulgaris*) en su fase agrícola en comparación con el sistema convencional a través del análisis de ciclo de vida (ACV) en el Cantón Cayambe.

2.2 Objetivos Específicos

Estimar la cantidad de CO₂ equivalente emitida a la atmósfera por kilogramo de producto de remolacha a través del indicador Huella de Carbono.

Estimar la cantidad de agua requerida para producir un kilogramo de producto de remolacha a través del indicador Huella Hídrica.

Comparar los resultados que evidencien los posibles beneficios en los aspectos social, económico y ambiental de ambas producciones agrícolas destacando la más positiva y eficiente.

3 MARCO TEÓRICO

3.1 Agricultura

La agricultura es una actividad que transforma el medio ambiente natural en un medio apto para la obtención de cultivos vegetales. Los recursos que se obtiene de esta actividad agraria de forma natural o de forma antropológica son: cereales, frutas, hortalizas, pasto, forrajes y otros vegetales (Sáez, 2010).

3.2 Historia de la Agricultura

La agricultura empieza en el neolítico, época en donde las sociedades humanas por la economía empiezan a evolucionar en la caza, pesca, ganadería e inclusive en la recolección de frutos, sin embargo, el desarrollo de la agricultura se evidenció en la Edad Media ya que fue base de la economía junto con la ganadería (Sáez, 2010).

Con la llegada del siglo XX, la agricultura se volvió más fácil de realizar, ya que, con el desarrollo de la tecnología para la agricultura, se empezó a utilizar maquinarias que disminuyeron la mano de obra y la producción por agricultor aumentó 30 veces más que cuando no se utilizan implementos modernos (Sáez, 2010).

Sin embargo, el hecho de utilizar tecnología y agroquímicos para la agricultura hace que se consuma una gran cantidad de combustibles fósiles, mismos que afectan al medio ambiente (Sáez, 2010).

3.3 Tipos de Agricultura

Para Sáez (2010), la agricultura puede dividirse en base a distintos criterios de clasificación ya sea por su dependencia del agua (secano y regadío), por la magnitud de la producción y su relación con el mercado (industrial y de subsistencia), por el rendimiento de producción (intensiva y extensiva) y de acuerdo al método y objetivo utilizado de agricultura (tradicional, convencional, agroecológico y natural).

3.3.1 Agricultura Convencional

También conocida como agricultura moderna, la agricultura convencional es aquella en donde los agricultores están enfocados a obtener grandes cantidades de sus productos en menos tiempo y en un espacio de terreno más reducido. Con el fin de beneficiarse económicamente aun sabiendo que este tipo de agricultura genera gran desgaste ecológico (Sáez, 2010).

3.3.2 Agricultura Agroecológica

La agroecología es un proceso de producción que cuida la sinergia entre el recurso agua, el recurso suelo, las plantas y los animales por lo que no se hace uso de agroquímicos (BIOVIDA, 2007). Este tipo de agricultura está estrechamente relacionado con los principios del desarrollo sostenible, en donde están inmersos las dimensiones económicas, ecológicas, culturales, políticas y sociales (BIOVIDA, 2007). El objetivo de la agroecología es cuidar el bienestar de toda la sociedad de productores y consumidores respetando los saberes ancestrales y sus tradiciones (BIOVIDA, 2007).

3.4 Agricultura y Medio Ambiente

Varios son los problemas causados al medio ambiente por la agricultura intensiva, proveniente de aquellas compañías que producen semillas y productos químicos (Sáez,

2010). Algunos de estos problemas es la contaminación de cuerpos de agua por nitrógeno, fosforo y magnesio. Otros de los problemas que se ha evidenciado es la erosión de grandes extensiones de terreno y el agotamiento de los minerales del suelo (Sáez, 2010). Esto conlleva a utilizar nuevos terrenos que se verán afectados por mantener las mismas prácticas de agricultura convirtiéndose en un círculo vicioso de uso y agotamiento del suelo (Sáez, 2010).

3.5 Agricultura en Cayambe

Cayambe es un cantón perteneciente a la provincia de Pichincha cuya superficie es de 119 946 hectáreas (ha). De acuerdo con Lopez (2013), la superficie se encuentra distribuida de la siguiente manera:

- 42 745.58 ha pertenecen a la Reserva Cayambe – Coca
- 390.9 ha pertenecientes a bosques protectores
- 76 809.52 ha son utilizados para la agricultura.

El cantón Cayambe cuenta con 85 795 habitantes de los cuales 11 112 personas se dedican a la agricultura, ganadería y silvicultura; de la superficie total de Cayambe, el 55% es utilizada para la agricultura, esta actividad es el sustento de los habitantes rurales ya sea de forma comercial o para autoconsumo (Lopez, 2013).

En los últimos 6 años la producción agroecológica en el cantón Cayambe ha ido tomando fuerzas gracias al Proyecto “Yo Prefiero” impulsado por el MAGAP que tiene como objetivo implementar canastas agroproductivas para servidoras y servidores públicos a través de las Redes Comerciales quienes apoyan los procesos de comercialización de los pequeños productores (Gonzalez & Quispe, 2016).

El Gobierno Autónomo Descentralizado Intercultural y Plurinacional del Municipio de Cayambe también ha hecho que la agroecología en el cantón vaya teniendo fuerza; con fecha 8 de marzo de 2018 expide la Ordenanza Municipal de Regulación del Uso de Espacio Público para la Comercialización de Productos Sanos en Ferias Agroecológicas que hace que los productores puedan impulsar la venta de sus productos en las ferias. Así mismo esta ordenanza promueve la venta y consumo de productos agroecológicos de buena calidad, peso, precio justo y sobre todo saludable (GADIP CAYAMBE, 2018).

3.5.1 Sistema Participativo De Garantía

El Sistema Participativo de Garantía Comunitario Territorial de Cayambe (SPGCT), es un sistema que sirve para identificar a los productores agroecológicos y reconocerlos mediante un carnet de acreditación otorgado por el Comité de Ética Cantonal, mismo que garantiza que los productos vendidos en las ferias agroecológicas sean saludables. (GADIP CAYAMBE, 2018)

La metodología del SPGCT se basa en 5 dimensiones. En la **Tabla 1** se presentan los puntajes para cada dimensión.

Tabla 1
Puntajes de las dimensiones del SPGCT

DIMENSIÓN	PUNTAJE
Dimensión Política	10 puntos
Dimensión Social	10 puntos
Dimensión Cultural	5 puntos
Dimensión Ecológica	55 puntos
Dimensión Económica	20 puntos
TOTAL	100 puntos

Nota: Tomado de SEDAL (2018)

Cada una de estas dimensiones son evaluadas por el Comité de Ética y son ellos quienes de acuerdo con el puntaje obtenido categorizan a los productores agroecológicos. La **Tabla**

2 muestra la categorización del productor según la evaluación de las dimensiones del SPGCT.

Tabla 2

Categorización de los productores agroecológicos de acuerdo con el SPGCT

PUNTAJE	COLOR DEL CARNET	CATEGORIA	OBSERVACIONES
< 50	Blanco	Inicial	Productor no puede vender en ferias.
De 50 a 69	Amarillo	Transición	Productor en transición a la agroecología. Si puede vender.
> 70	Verde	Agroecológico	Productor agroecológico

Nota: Tomado de SEDAL (2018)

La Dimensión Ecológica es la que mayor peso tiene para determinar el carnet al que se harán acreedores los productores agroecológicos ya que en las veedurías lo que observan es que la parcela cuente con agroforestería, conservación del suelo, diversidad de cultivos, manejo de abonos orgánicos, crianza de animales y un sistema de riego (SEDAL, 2018).

3.6 La Remolacha (*Beta vulgaris*)

3.6.1 Origen

La remolacha se origina probablemente del este del Mediterráneo, extendiéndose en dirección oeste por las costas del Mediterráneo, la costa oeste de Europa, las islas de Cabo Verde y las Islas Canarias (Zeven & Zhukovsky, 1975). La remolacha forrajera probablemente se originó en los Países Bajos extendiéndose hacia España mientras que la remolacha azucarera pudo haberse originado en Silesia-Polonia (Zeven & Zhukovsky, 1975).

Theofrasto fue la primera persona en describir a los tipos de remolacha que observó; una roja oscura y otra blanca, pero no es hasta una época más reciente que Oliver Sirres menciona que solo existe la remolacha roja gruesa llevada desde Francia hacia Italia. Ya

para 1548 esa variedad fue introducida en Inglaterra, Bélgica, Alemania y Rusia (González, 1996).

3.6.2 Antecedentes

La remolacha común proviene de la especie *Beta marítima*, conocida como acelga marina que tiene su origen en la zona costera del norte de África y que ya se cultivaba hace 4000 años (FEN, 2016).

En las civilizaciones antiguas utilizaban la raíz de la planta como medicina natural para combatir dolores de cabeza y de muelas. Ya para el siglo XVI la remolacha entra en la dieta de la población alemana e inglesa (FEN, 2016).

Con el pasar de los años el consumo de remolacha en los hogares fue creciendo y hoy en día es muy común su uso, especialmente en Francia e Italia quienes son los países que la producen en mayor cantidad (FEN, 2016).

3.6.3 Descripción Botánica

La remolacha (*Beta vulgaris*) pertenece a la familia de las Chenopodiaceae, es una raíz de forma casi esférica, su sabor es algo dulce por su contenido de carotina, minerales y azúcares (FEN, 2016).

Dentro de la especie botánica *Beta vulgaris* existen tres subespecies que son de importancia: la remolacha azucarera, forrajera y de mesa. El presente estudio se basa en la remolacha de mesa, misma que es una planta herbácea bianual (FDA, 1995). En su primer ciclo de crecimiento, acumula en sus raíces sustancias de reserva ya para el segundo ciclo empieza a desarrollar un tallo floral y sus órganos reproductivos (FDA, 1995).

El color de la remolacha en su raíz se debe al pigmento betanina o betacianina que posee en su interior y que hace que tenga un color rojizo o morado. La raíz suele tener forma

redonda, cónica, en forma de globo alargada o cilíndrica dependiendo de las características del suelo (FDA, 1995).

En el primer ciclo de crecimiento de la remolacha, el tallo puede llegar a medir de 1 a 3 cm mientras que en el segundo ciclo puede llegar a medir de 80 a 120 cm de alto, la característica principal del tallo en este ciclo es que toma un aspecto ramificado y presenta inflorescencias (FDA, 1995).

Las hojas de la remolacha son laminares en forma ovaladas y de color verde intenso, aunque algunas veces pueden tomar un color morado dependiendo de las características del suelo. El peciolo es largo y presenta varios colores pudiendo ser amarillento, rojo o púrpura (FDA, 1995).

En el segundo ciclo de desarrollo de la remolacha empiezan a aparecer en el tallo las flores, mismas que son hermafroditas y sésiles. Al agruparse se forman glomérulos que no son más que las semillas, por lo general poseen de 2 a 6 semillas muy pequeñas que pueden llegar a conservar su poder germinativo de entre 4 a 5 años. De todas estas semillas sembradas el 70% llegan a germinar (FDA, 1995).

3.6.4 Descripción Taxonómica

Tabla 3

Taxonomía de la remolacha

Reino	Plantae	Sub clase	Caryophyllidae
Sub reino	Tracheobionta	Orden	Caryophyllales
Súper división	Spermatophyta	Familia	Chenopodiaceae
División	Magnoliophyta	Género	<i>Beta</i> L.
Clase	Magnoliopsida	Especie	<i>Beta vulgaris</i> L.

Nota: Tomado de Alvarado et al., (2011)

3.6.5 Distribución Geográfica

La producción de la remolacha ha variado desde 1995. En 2008 se cosecharon 4.4 millones de hectáreas a nivel mundial que representan 227 millones de toneladas generadas. En este año los mayores productores de remolacha fueron Francia, Rusia, Estados Unidos, Alemania y Turquía (FAO, 2011)

3.6.6 Valor Nutricional

El contenido nutricional de la remolacha cocinada se considera como una buena fuente de carbohidratos por la gran cantidad de azúcares que contiene; sin embargo, en cuanto a vitaminas y minerales tiene bajo contenido tal como se muestra en la siguiente tabla (FDA, 1995).

Tabla 4

Valor alimenticio de la remolacha cocinada

NUTRIENTES	CONTENIDO EN 100g
Agua	91 g
Proteínas	1 g
Grasas	Trazas
Ácidos grasos saturados, monosaturados, poli-insaturados	Trazas
Colesterol	0 g
Carbohidratos	7 g
Calcio	11 g
Fósforo	31 g
Hierro	0.6 mg
Potasio	312 g
Sodio	49 mg
Vitamina A	10 UI ó 1 ER
Tiamina	0.03 mg
Riboflabina	0.01 mg
Niacina	0.3 mg
Ácido Ascórbico	6.0 mg
Calorías	30

Nota: Tomado de FDA (1995)

3.6.7 Fase Agrícola De La Remolacha

3.6.7.1 Preparación Del Terreno

La primera labor que se debe realizar para una buena producción de remolacha es deshierbar, así, aquellas raíces que se encuentren en el suelo no podrán retoñar interfiriendo en el crecimiento de la remolacha. Para ello, se aplica el arado común con azadón (González, 1996). Al realizar el arado, el movimiento y mezcla del suelo permitirá que éste se oxigene además que retendrá adecuadas cantidades de agua lluvia para el cultivo (Tituaña, 2011).

3.6.7.2 Siembra

El método más utilizado para la siembra de la remolacha es el conocido como directo. Este método consiste en poner la semilla de la remolacha directamente en el campo donde tendrá su ciclo de cultivo definitivo (Tituaña, 2011).

En cuanto a la distancia recomendada para la siembra de la remolacha, Tituaña (2011) asegura que la distancia entre cada línea debe ser de 60cm y 30cm con una densidad de siembra de 55 600 plantas por hectárea; es decir que se requiere alrededor de 8 kilos de semillas de remolacha para cubrir una hectárea.

Los meses de siembra de la remolacha deben ser aquellos donde se presenten menos épocas lluviosas con el fin de evitar problemas de crecimiento o podredumbre. Ya que cuando el cultivo se encuentre en la etapa máxima vegetativa y productiva requiere que se encuentre bajo la influencia de la lluvia hasta la cosecha (Tituaña, 2011).

3.6.7.3 Riego

El agua tiene mucha influencia en lo que respecta al peso de la remolacha y su riqueza nutricional por lo que también se convierte en el factor más difícil de manejar ya que a su vez depende de otros parámetros como el tipo de suelo, el clima y la profundidad de las raíces (COAG, 2013).

Según COAG (2013), la remolacha requiere aproximadamente de 20 l/m² de agua para nacer, si no se riega a la semilla dentro de los 20 días próximos a partir de la fecha de siembra, corre un alto riesgo de hecharse a perder.

3.6.7.4 *Abonado*

Cuando se trata de cultivos agroecológicos, Tituaña (2011) menciona que el mejor de los abonos es el estiércol; para su uso se debe descomponer en su totalidad ya sea por acción de los microorganismos o de las lombrices ya que las plantas absorben los nutrientes esenciales, provenientes de la mineralización de la biomasa por lo que recomienda aplicar 22 000 kg/ha de estiércol bien curado mismo que debe ser repartido por toda la capa regular del campo.

Para cultivos convencionales, se recomienda aplicar la siguiente relación de fertilizantes: N - P₂O₅ - K₂O de 1 – 0.8 – 1.2; esta relación no siempre se la va a poder conseguir ya que todo depende del cultivo anterior, de la actividad del suelo y del grado de productividad (COAG, 2013).

3.6.7.5 *Control de Malezas*

Para controlar las malezas y como norma general se debe rotar los cultivos, esto ayuda a que disminuya los problemas de plagas y de enfermedades además de que evita que se desarrollen malas hierbas; cabe recalcar que este control se puede realizar manualmente o con el uso de herbicidas, solamente si el cultivo lo requiere (Tituaña, 2011).

3.6.7.6 *Plagas y Enfermedades*

Las plagas más conocidas en el Ecuador y que se ha observado en la remolacha son los pulgones (*Aphis fabae*, *Myzus persicae*), éstos parásitos causan notables perjuicios ya que son transmisores de virus además que suelen chupar la savia de las hojas de la remolacha

causándole gran daño; sus huevos eclosionan a una temperatura ambiente de 5°C (Tituaña, 2011).

Los nemátodos (*Heterodera schachtii*, *Meloidogyne incognita*) son otro tipo de plaga que ataca a la remolacha volviéndola amarilla con poco vigor y que genera quistes en las raíces de la remolacha que pueden permanecer durante mucho tiempo ocasionando malformaciones a los cultivos (Tituaña, 2011).

En cuanto a las enfermedades presentes en el cultivo de la remolacha en el Ecuador, cabe mencionar que no se tiene conocimiento preciso de cuáles son, sin embargo existe información sobre las enfermedades que atacan a la quinua (*Chenopodium quinoa*) que es una especie que pertenece a la familia Chenopodiaceae; familia a la que pertenece la remolacha (Tituaña, 2011).

La enfermedad que ataca a las hojas de la remolacha haciendo que se enrollen en el borde y que presenten eflorescencias de color gris violáceas en el envés, es ocasionado por el hongo mildiu (*Peronospora schachtii*), cuando lo anterior sucede significa que la fructificación del hongo se ha realizado. Para su control se recomienda fungicidas (Tituaña, 2011).

La mancha foliar (*Cercospora beticola*) es otra enfermedad ocasionada por hongos que penetra en los estomas de las hojas de la remolacha haciendo que aparezcan manchas de color gris con halos de diferente color, esto ocasiona que las hojas se sequen haciéndola perder masa foliar para lo cual la raíz necesita realizar rebrotes que ocasiona a su vez la pérdida de azúcar (Tituaña, 2011).

Una de las enfermedades más dañinas que afecta a la remolacha es el mal vinoso ocasionado por el hongo *Rhizoctonia violácea*, ya que la raíz se ve envuelta por un micelio violáceo que ocasiona el marchitamiento del follaje de la planta (Tituaña, 2011).

3.6.7.7 Cosecha

En cuanto a la cosecha de la remolacha en el Ecuador, Tituaña (2011) indica que el tiempo de cosecha se lo puede realizar a los 2 meses, cuando la raíz haya alcanzado un peso aproximado de 1.2kg a 1.8kg o al observar que la raíz de la remolacha está perfectamente madura

Si las raíces son cortas o crecen en la superficie se puede hacer la cosecha a mano, caso contrario se utiliza pala o azadón para poder cosecharlas, tratando de no afectar las raíces (González, 1996).

Una vez cosechada la remolacha, es necesario cortar las hojas por torsión, estos restos de cosecha pueden ser incorporados, utilizados para compost o ser reutilizados en la propia explotación siempre que sea posible (Tituaña, 2011).

3.6.7.8 Postcosecha

Para llevar a cabo la postcosecha de la remolacha, Tituaña (2011) menciona que los requisitos mínimos que debe tener la remolacha como producto final son: estar entero, sano y limpio, con color típico de la especie y variedad, sin raíces, con un aspecto fresco y exento de olores.

3.7 Análisis del Ciclo de Vida

El análisis del ciclo de vida (ACV) es una metodología que sirve para analizar y cuantificar todos los aspectos ambientales de un producto, proceso o servicio a lo largo de su ciclo de vida, es decir, que permite evaluar los impactos ambientales que genera al medio ambiente. (ISO, 2006)

El ACV de la fase agrícola de la remolacha se puede representar de la siguiente manera:

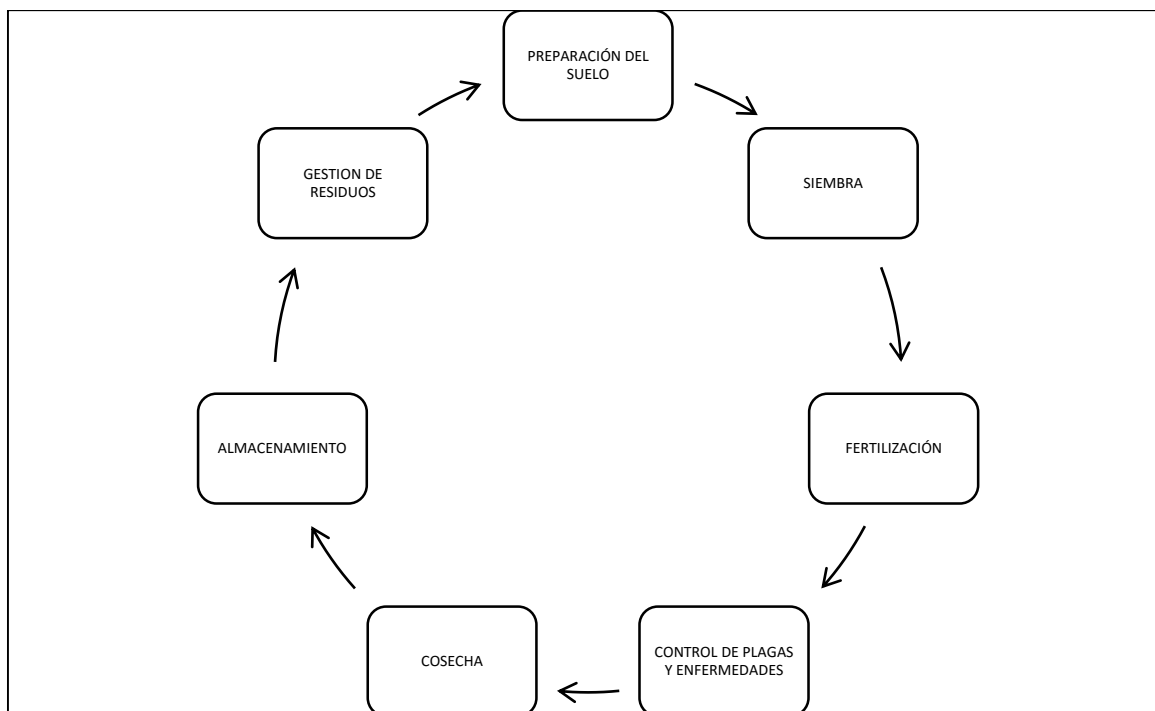


Figura 1: Ciclo de vida de la fase agrícola de la remolacha.

Nota: Elaborado por el autor.

3.8 Indicadores de Impacto Ambiental

3.8.1 Huella de Carbono

Un parámetro que se utiliza para medir los Gases de Efecto Invernadero (GEI) de un producto, proceso o servicio es la Huella de Carbono (HC). Este parámetro ayuda a determinar la contribución al cambio climático del producto, proceso o servicio y se expresa en toneladas de dióxido de carbono equivalente (ton CO₂e) (REPAQ, 2012)

La HC es la medida universal basada en el Potencial de Calentamiento Global (PCG) de cada uno de los GEI. Este PCG mide la capacidad de un gas para generar efecto invernadero teniendo en cuenta su permanencia en la atmósfera, la **Tabla 5** resume el valor de algunos GEI (REPAQ, 2012).

Tabla 5*Potencial de Calentamiento Global de los gases de efecto invernadero*

GEI	FÓRMULA QUÍMICA	PCG (CO ₂)
Dióxido de carbono	CO ₂	1
Metano	CH ₄	25
Óxido Nitroso	N ₂ O	298

Nota: Tomado de ISO (2015).

3.8.2 Huella Hídrica

La huella hídrica (HH) es un indicador que ayuda a determinar el volumen total de agua dulce consumido por un producto, proceso o servicio a lo largo del ciclo de vida, teniendo en cuenta además el agua evaporada y contaminada durante dicho ciclo (MADR, CIAT y CCAFS, 2014)

La HH se mide en metros cúbicos y es un indicador multidimensional que se descompone en tres elementos que son: huella azul, huella verde y huella gris (MADR et al., 2014)

La Water Footprint Network (WFN), indica que la huella azul es el consumo de agua dulce (superficial o subterráneo) proveniente de ríos, lagos o acuíferos que tiene un producto, proceso o servicio en todo su ciclo de vida; el consumo se refiere a la pérdida de agua en los cuerpos de agua disponibles ya sea en la superficie de la tierra o subterráneamente (WFN, 2011).

La huella verde representa al agua de lluvia almacenada y evapotranspirada por la vegetación que consume el producto, proceso o servicio (WFN, 2015).

Finalmente, WFN (2015) indica que la huella gris es el consumo de agua para asimilar contaminantes y desechos de agua.

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materiales

4.1.1 Fase de Campo

Para realizar los muestreos de agua, suelo, fertilizantes, producto y para realizar las entrevistas se utilizaron los siguientes materiales:

Tabla 6

Materiales utilizados en la fase de campo

FASES	MATERIALES	EQUIPOS
Muestreo de suelo	- Balde de 20 lt	
	- Barreno	
	- Cooler	
	- Etiquetas	- Cámara fotográfica
	- Flexómetro	
	- Fundas Ziploc	
	- Hielo	
	- Marcadores	
Muestreo de agua	- Balde de 20 lt	
	- Botellas de plástico de 1lt	
	- Cooler	- Cámara fotográfica
	- Etiquetas	- Cronometro
	- Hielo	
	- Marcadores	
Muestreo de Fertilizantes	- Botellas de plástico de 1lt	
	- Cooler	- Cámara fotográfica
	- Etiquetas	
	- Fundas Ziploc	
	- Hielo	
Entrevistas	- Marcadores	
	- Carpeta	- Cámara fotográfica
	- Cuestionario	- Grabadora de voz
Muestreo de producto	- Esferos	
	- Cooler	
	- Etiquetas	- Cámara fotográfica
	- Fundas Ziploc	
	- Hielo	
Georeferenciación	- Marcadores	
	- Esferos	- GPS GARMIN ETREX 30x
	- Libreta de campo	

Nota: Elaborado por la autora.

4.1.2 Fase de Laboratorio

Para el análisis de agua y suelo se utilizaron los instrumentos y reactivos del laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cayambe.

Tabla 7

Materiales utilizados para el análisis fisicoquímico del suelo

PARÁMETRO FISICO- QUIMICO	REACTIVOS	MATERIALES Y EQUIPOS
SUELO		
Materia orgánica	<ul style="list-style-type: none"> - Ácido fosfórico - Ácido sulfúrico - Almidón - Dicromato de potasio - Disulfato de sodio - Yoduro de potasio 	<ul style="list-style-type: none"> - Agitador - Balanza de precisión - Balones aforados - Cámara de gases - Muestras de suelo tamizadas. - Pipetas de 5 y 10 ml - Soporte universal - Vasos de plásticos pequeños - Vasos de precipitación de 50 y 500 ml
Textura y densidad aparente	<ul style="list-style-type: none"> - Agua destilada - Hexametofosfato de sodio al 4% 	<ul style="list-style-type: none"> - Balanza de precisión - Bandeja de madera - Cilindro de sedimentación de 1lt - Densímetro - Espátula - Estufa a 105°C - Fundas de plástico - Muestra de suelo - Papel tamiz - Pinzas - Pipeta de 10ml - Reloj - Tamiz de 2mm y 0.5mm - Tarrinas de plástico - Vaso de precipitación de 500ml
Respiración del suelo	<ul style="list-style-type: none"> - Rojo de metilo - Ácido clorhídrico - Fenolftaleína - Agua destilada - Hidróxido de sodio 0.1N 	<ul style="list-style-type: none"> - Balanza de precisión - Botella de vidrio de 250 ml con tapa - Bureta - Estufa a 105°C - Gasas - Piseta - Pipeta 10 ml - Soporte universal - Vasos de precipitación de 50ml

Nota: Elaborado por la autora.

Tabla 8*Materiales utilizados para el análisis fisicoquímico del agua*

PARÁMETRO FISICO- QUIMICO	REACTIVOS	MATERIALES Y EQUIPOS
AGUA Y SUELO		
pH	- Agua destilada	<ul style="list-style-type: none"> - Agitador de vidrio - Balanza de precisión - Conductímetro eléctrico de lectura directa - Gradilla rectangular - pH metro - Piseta - Potenciómetro - Vaso de precipitación de 100mL - Vasos de plástico pequeños

Nota: Elaborado por la autora.

4.2 Métodos

4.2.1 Fase de Campo

La presente investigación se llevó a cabo en el cantón Cayambe perteneciente a la provincia de Pichincha, en las parroquias de Ayora, Cangahua y Cusubamba en parcelas de productores agroecológicos pertenecientes a BIOVIDA y productores convencionales.

Se seleccionó las áreas de estudio en cada una de las parroquias, de acuerdo a las prácticas de siembra y cosecha que los productores utilizan, encontrando agricultores agroecológicos en Santa Rosa de Ayora y Santa Marianita de Pingulmi y agricultores convencionales en Cusubamba.

Una vez determinadas las parcelas agroecológicas y convencionales se realizaron visitas de campo para la toma de muestras de agua, suelo, producto y fertilizantes; además se llevaron a cabo entrevistas a los productores que permitieron identificar las entradas y salidas de los diferentes tipos de sistemas de cultivo y en el caso agroecológico verificar el porcentaje de cumplimiento de las dimensiones del SPG.

Para la toma de muestras de suelo, se utilizó el Instructivo descrito por AGROCALIDAD, en donde indica que se debe tomar sub muestras del suelo en zigzag de toda la parcela o área de interés, colocarlos en un balde de plástico, homogenizar, recolectar la muestra en una funda plástica de 1kg, y finalmente etiquetar (AGROCALIDAD, 2018). Para la presente investigación se tomó 1kg de muestra compuesta por cada productor agroecológico y convencional (ver **Anexo 2**).

La metodología utilizada para la toma de muestras de agua se basó en los lineamientos establecidos por Agrolaboratorio CERES para agua de riego (CERES, 2015) y del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 1998). En botellas de plástico de 1litro se tomaron las muestras compuestas por cada productor agroecológico y convencional desde el lugar donde realizan el riego para sus cultivos (ver **Anexo 3**).

La toma de muestras de fertilizantes líquidos y sólidos, se realizó en base al “Instructivo para la toma de muestra de fertilizantes” (AGROCALIDAD, 2018), además se utilizó el “Instructivo de Muestreo de Productos Agrícolas para Análisis de Residuos de Plaguicidas” para la toma de muestras del producto con el fin de determinar la existencia de plaguicidas en el mismo (ver **Anexo 4**) (AGROCALIDAD, 2018).

4.2.2 Fase de Laboratorio

Las muestras de suelo y agua obtenidas en la fase de campo fueron llevadas al Laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cayambe para su respectivo análisis fisicoquímico mediante metodologías ya establecidas. Los resultados se pueden observar en el **Anexo 5**.

4.2.3 Fase de Gabinete

4.2.3.1 Análisis de Ciclo de Vida

La metodología utilizada para determinar el ACV de la fase agrícola de la remolacha fue realizada en base a la ISO 14040. De acuerdo con ISO (2006) la metodología consta de las siguientes fases:

1. Definición de objetivos y alcances.
2. Análisis de inventario.
3. Evaluación de impacto ambiental.
4. Interpretación.

La **Figura 2** muestra en detalle las actividades que se debe realizar en cada fase del ACV.

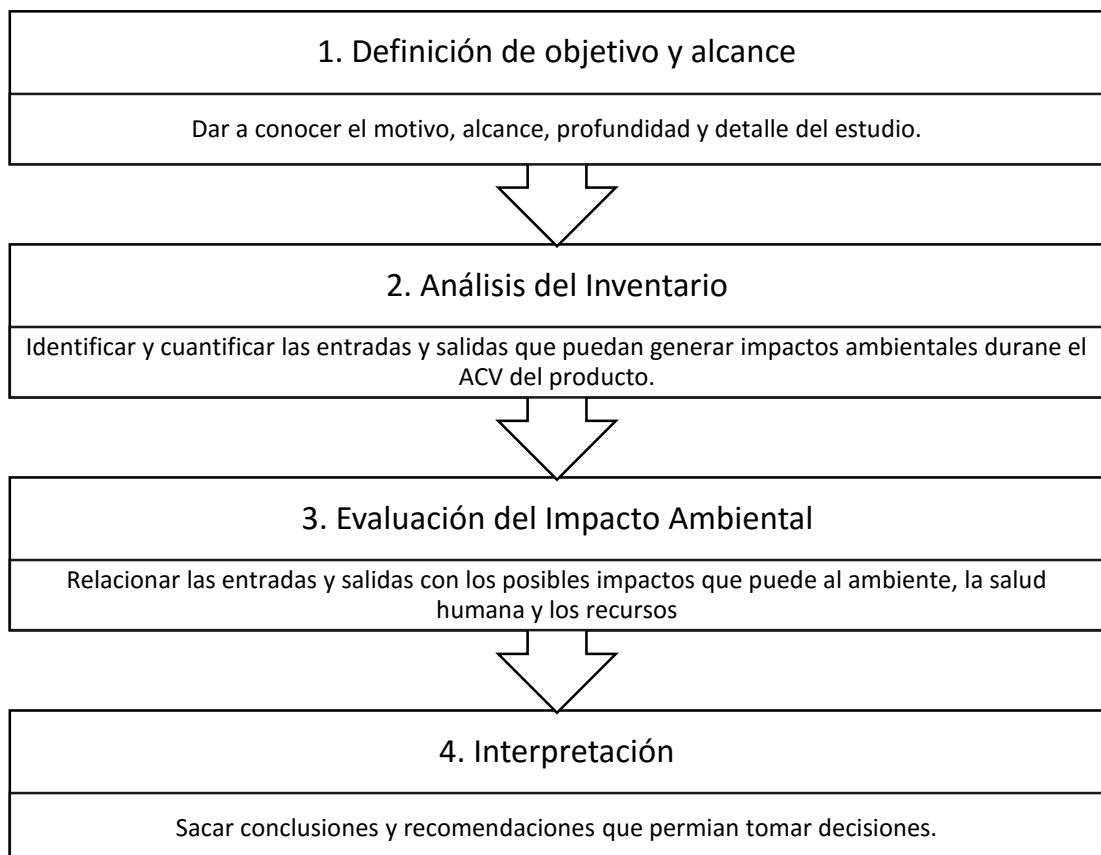


Figura 2: Fases del ACV

Nota: Tomado de ISO (2006)

4.2.3.2 Estimación de la Huella de Carbono

La metodología utilizada para la estimación de la huella de carbono de la fase agrícola de la remolacha se basa en la ISO 14067 que incluye cuatro fases del ACV: Definición del objetivo y alcance, el Análisis del Inventario del Ciclo de Vida para la Huella de Carbono del Producto (AICV), la Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV) y la interpretación del ciclo de vida (ISO, 2015).

En la **Figura 3** se puede observar de forma más dinámica la metodología que utiliza ISO 14067 para la estimación de huella de carbono.

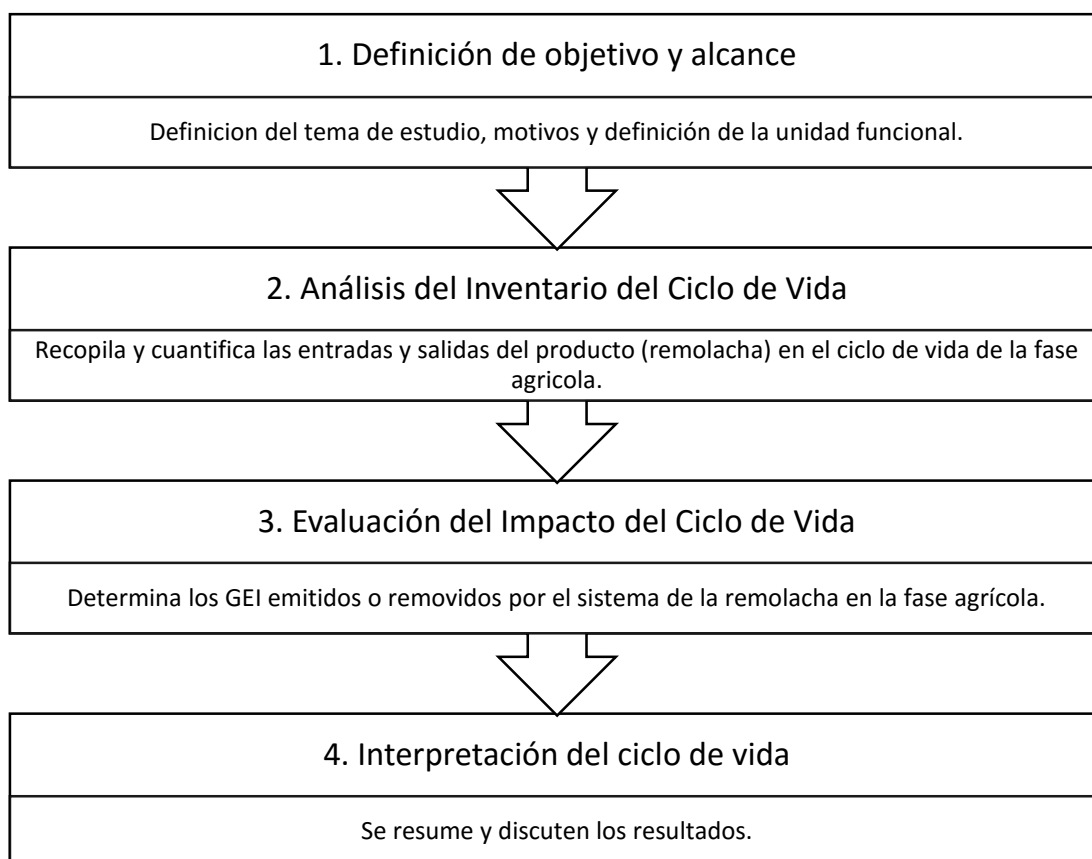


Figura 3: Metodología de ISO 14067 para la estimación de HC

Nota: Tomado de ISO (2015)

Los productores agroecológicos no manejan grandes extensiones de terreno para sembrar sus productos a diferencia de los productores convencionales, por tal motivo para

poder comparar los dos sistemas agrícolas se tomó como unidad funcional (UF) para la HC el kg de CO₂ eq / kg de producto (IPCC, 2006).

Para determinar los GEI emitidos o removidos por el sistema del producto, se considera lo expuesto en el manual de IPCC 2050 ya que detalla las directrices para su cálculo.

4.2.3.2.1 ANÁLISIS DEL INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA

Para cumplir la metodología descrita en ISO 14067, en primer lugar, se recopiló la información en campo con entrevistas a los productores ya sean agroecológicos o convencionales (ver **Anexo 6**) y se llevó a cabo análisis de muestras de suelo y fertilizantes en laboratorios certificados para calcular HC, esta información se puede ver en el **Anexo 7**.

A continuación, se presentan los diagramas de flujo de la fase agrícola de la remolacha tanto para cultivo convencional como para el agroecológico identificando los límites de cada sistema (ver **Figura 4** y **Figura 5**).

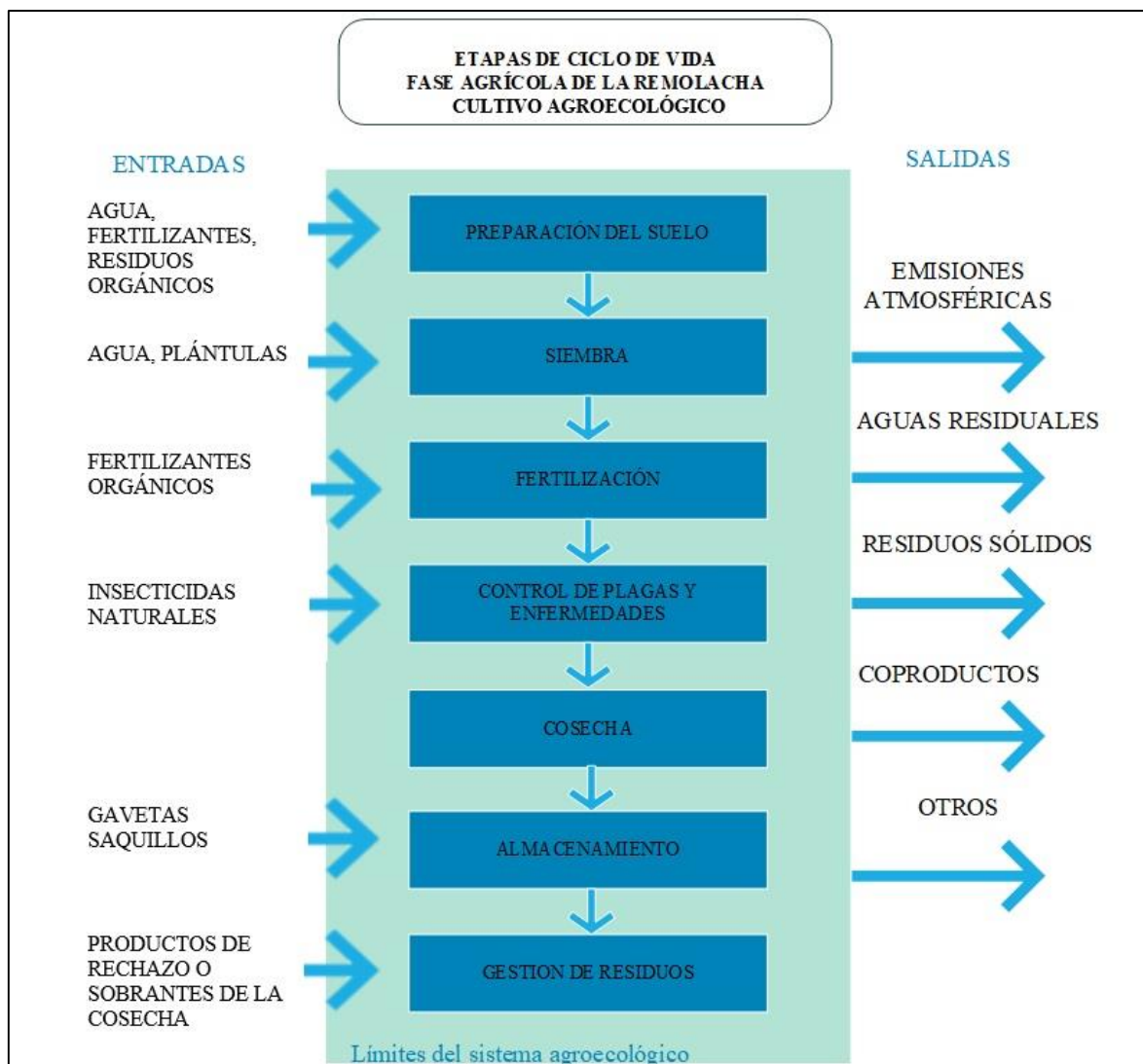


Figura 4: ACV de la fase agrícola agroecológica de la remolacha

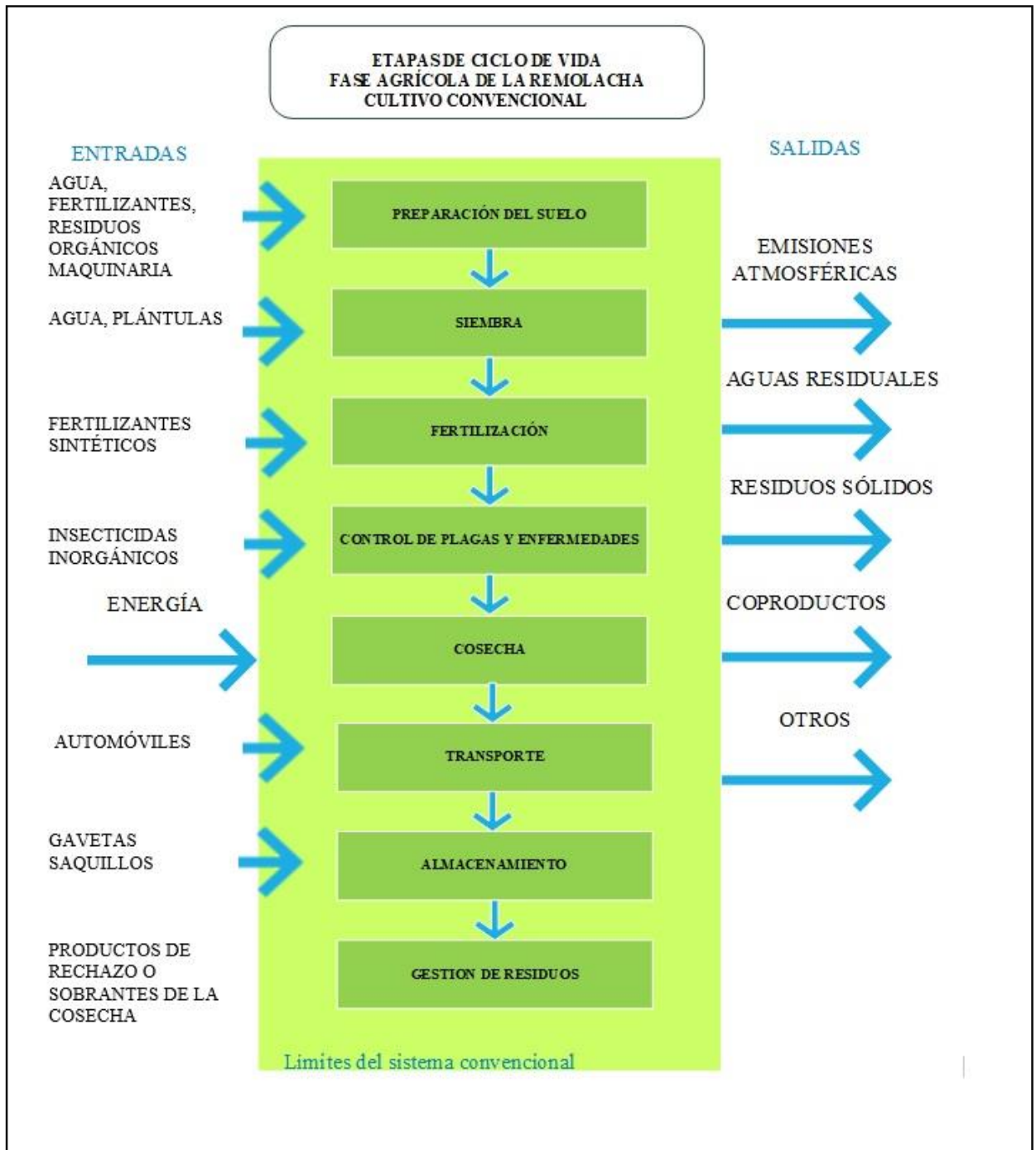


Figura 5: ACV de la fase agrícola convencional de la remolacha

4.2.3.2.2 EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CICLO DE VIDA

La huella de carbono de un producto (HCP) se calcula de la siguiente manera:

$$\text{HCP}_{\text{CO}_2 \text{ eq}} = \text{masa de un GEI dado} * \text{PCG} \quad (1)$$

Fuente: (ISO, 2015)

Los valores del PCG se pueden ver en la **Tabla 5**.

Para poder calcular la HCP, previamente se requiere estimar los GEI, para ello se ha tomado la metodología establecida por IPCC de nivel 1 que se describe a continuación:

4.2.3.2.2.1 ESTIMACIÓN DE GEI PARA EMISIONES DIRECTAS DE N₂O

Las emisiones directas de N₂O a suelos gestionados pueden provenir de fertilizantes sintéticos u orgánicos, de la mineralización del N relacionada con la pérdida de materia orgánica del suelo o del drenaje/gestión de los suelos orgánicos (IPCC, 2006).

Para estimar las emisiones directas de N₂O tanto para el SA como el SC se empleó la siguiente fórmula:

$$N_2O_{Directas} - N = N_2O - N_{N\text{ aportes}} + \cancel{N_2O - N_{OS}} + \cancel{N_2O - N_{PRP}} \quad (2)$$

Fuente: (IPCC, 2006)

Las variables $N_2O - N_{OS}$ y $N_2O - N_{PRP}$ no se toma en cuenta para el presente estudio ya que son variables que no corresponden al tipo de suelo analizado; por lo que la ecuación se simplifica a:

$$N_2O_{Directas} - N = N_2O - N_{N\text{ aportes}} \quad (3)$$

Fuente: (IPCC, 2006)

Dónde $N_2O_{Directas} - N$ son las emisiones directas anuales de N₂O - N producidas por suelos gestionados [kg N₂O - N /año] y $N_2O - N_{N\text{ aportes}}$ representa las emisiones directas anuales de N₂O - N producidas por la colocación de N a suelos gestionados (IPCC, 2006),

La variable $N_2O - N_{N\text{ aportes}}$ a su vez se conforma de otras variables, así:

$$N_2O - N_{N\text{ aportes}} = [(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}) * EF_1] + \cancel{[(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}) * EF_{IFR}]} \quad (4)$$

Fuente: (IPCC, 2006)

En esta ecuación la variable EF_{IFR} es un factor de emisión que no corresponde al estudio por lo tanto toma un valor igual a cero misma que hace que la ecuación se simplifique a:

$$N_2O - N_{N\text{ aportes}} = [(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}) * EF_1] \quad (5)$$

Fuente: (IPCC, 2006)

Donde F_{SN} es la cantidad anual de N aplicado al suelo proveniente de los fertilizantes sintéticos [kg N / año], F_{ON} es la cantidad anual de N aplicado al suelo proveniente del estiércol animal, el compost, los lodos cloacales u otros aportes [kgN/año]. F_{CR} es la cantidad anual de N que proviene del resultado de los residuos agrícolas [kgN/año], la variable F_{SOM} se entiende como el C perdido del suelo perteneciente a la materia orgánica que ocurre debido a los cambios en el uso del suelo [kg N / año]; finalmente el factor EF_1 es un factor de emisión para emisiones de N_2O proveniente de aportes de N sus unidades kg N_2O -N / kg N (IPCC, 2006).

Para el SA las variables F_{SN} y F_{SOM} serán nulos ya que los productores agroecológicos no utilizan fertilizantes sintéticos al igual que la variable F_{CR} ya que mediante la información recolectada en campo indica que todos los residuos generados son reutilizados, reduciendo las ecuaciones a:

- Para el sistema agroecológico

$$N_2O - N_{N\text{ aportes}} = F_{ON} * EF_1 \quad (6)$$

Fuente: (IPCC, 2006)

- Para el sistema convencional

$$N_2O - N_{N\text{ aportes}} = [(F_{SN} + F_{ON}) * EF_1] \quad (7)$$

Fuente: (IPCC, 2006)

El factor de emisión para aportes de N por fertilizantes se describe en la siguiente tabla:

Tabla 9

Factores de emisión por defecto para estimar las emisiones directas en N₂O

FACTOR DE EMISIÓN	VALOR POR DEFECTO	RANGO POR INCERTIDUMBRE
EF ₁ para aportes de n de fertilizantes minerales, abonos orgánicos y residuos agrícolas, y N mineralizado de suelos minerales a caca de pérdida de carbono del suelo [kg N ₂ O-N (kgN) ⁻¹]	0.01	0.003 – 0.03

Nota: Tomado de IPCC (2006)

Los fertilizantes orgánicos nitrogenados aplicados (F_{ON}) se calculan empleando la siguiente ecuación:

$$F_{ON} = F_{AM} + F_{SEW} + F_{COMP} + F_{OOA} \quad (8)$$

Fuente: (IPCC, 2006)

Donde la cantidad anual de N proveniente de estiércol animal aplicada a los suelos se representa como F_{AM} [kg N / año], la cantidad anual de N total de barros cloacales es representado por la variable F_{SEW} [kg N / año], F_{COMP} es la cantidad anual total de N proveniente de compost aplicado al suelo en [kg N / año], y F_{OOA} es la catidad anual de otros abonos orgánicos utilizados como fertilizantes [kg N / año] (IPCC, 2006).

Tanto para el SC como para el SA la variable F_{SEW} es nula ya que no aplican directamente estiércol y barro cloacal al suelo y en el caso del SC no utilizan F_{AM} . Por lo que la ecuación a utilizarse es:

- Para sistema agroecológico

$$F_{ON} = F_{COMP} + F_{OOA} \quad (9)$$

Fuente: (IPCC, 2006)

- Para el sistema convencional

$$F_{ON} = F_{AM} \quad (10)$$

Fuente: (IPCC, 2006)

Reemplazando la ecuación (9) y (10) en las ecuaciones (6) y (7) se obtiene la ecuación final que se utilizará para calcular las emisiones directas de N₂O para ambos sistemas agrícolas, así:

- Ecuación para la estimación directa de N₂O en el SA

$$N_2O - N_{N\text{aportes}} = [(F_{COM} + F_{OOA}) * EF_1] \quad (11)$$

Fuente: (IPCC, 2006)

- Ecuación para la estimación directa de N₂O en el SC

$$N_2O - N_{N\text{aportes}} = [(F_{SN} + F_{AM}) * EF_1] \quad (12)$$

Fuente: (IPCC, 2006)

Para convertir las unidades de N₂O_{directas} a kg N₂O se utiliza la siguiente relación:

$$kg\ N_2O = N_2O - N_{N\text{aportes}} * \frac{44}{28} \quad (13)$$

Fuente: (IPCC, 2006)

4.2.3.2.2 ESTIMACIÓN DE GEI PARA EMISIONES INDIRECTAS DE N₂O

Las emisiones indirectas de NO₂ según IPCC (2006) pueden darse mediante la volatilización de N como NH₃ y NO_x o por lixiviación y escurrimiento desde la tierra de nitrógeno proveniente de fertilizantes sintéticos y orgánicos, residuos agrícolas, mineralización del N en los suelos y la deposición de orina y estiércol de los animales de pastoreo.

Para calcular las emisiones indirectas de N₂O de suelos gestionados se utiliza la siguiente ecuación:

$$N_2O_{(ATD)} - N = [(F_{SN} * Frac_{GASF}) + ((F_{ON} + F_{PRP}) * Frac_{GASM})] * EF_4 \quad (14)$$

Fuente: (IPCC, 2006)

De la ecuación (14) surgen las siguientes ecuaciones para los sistemas agrícolas:

- Sistema convencional

$$N_2O_{(ATD)} - N = F_{SN} * Frac_{GASF} * EF_4 \quad (15)$$

Fuente: (IPCC, 2006)

- Sistema agroecológico

$$N_2O_{(ATD)} - N = F_{ON} * Frac_{GASM} * EF_4 \quad (16)$$

Fuente: (IPCC, 2006)

Donde $Frac_{GASM}$ es la fracción de F_{ON} y F_{PRP} antes descritas que se volatilizan como NH_3 y NO_x [kg N volatilizado (kg de N aplicado o depositado)⁻¹], mientras que la variable $Frac_{GASF}$ es la fracción de N proveniente de los fertilizantes sintéticos que se volatilizan como NH_3 y NO_x [kg N volatilizado (kg de N aplicado o depositado)⁻¹] (IPCC, 2006).

Para obtener el $N_2O_{(ADT)}$ en kg N_2O tanto para el sistema convencional como para el agroecológico se aplicó la ecuación:

$$kg\ N_2O_{(ADT)} = N_2O_{(ADT)} - N * \frac{44}{28} \quad (15)$$

Fuente: (IPCC, 2006)

El factor EF_4 es el factor de emisión para determinar los aportes de N, provenientes de la volatilización. **La Tabla 10** muestra los valores de EF_4 , $Frac_{GASM}$ y $Frac_{GASF}$.

Tabla 10

Factores de emisión, volatilización y lixiviación por defecto para emisiones indirectas de N₂O del suelo

FACTOR DE EMISIÓN	VALOR POR DEFECTO	RANGO POR INCERTIDUMBRE
EF ₄ [volatilización y re-deposición de N], kg N ₂ O–N (kg NH ₃ –N + NO _x –N volatilizado) ⁻¹	0,010	0,002 – 0,05
Frac _{GASM} [Volatilización de todos los fertilizantes de N orgánicos aplicados, y de estiércol y orina depositados por animales en pastoreo], (kg NH ₃ –N + NO _x –N) (kg N aplicado o depositado) ⁻¹	0,20	0,05 – 0,5
Frac _{GASF} [Volatilización de fertilizante sintético], (kg NH ₃ –N + NO _x –N) (kg N aplicado) ⁻¹	0,10	0,03 – 0,3

Nota: Tomado de IPCC (2006)

4.2.3.2.2.3 ESTIMACIÓN DE EMISIÓN DE CO₂ POR USO DE UREA

Es necesario estimar la emisión de CO₂ provenientes de la utilización de urea ya que uno de los productores convencionales aplica urea para la fertilización del suelo, por lo anterior y de acuerdo con IPCC (2006) se debe utilizar la siguiente ecuación.

$$CO_2 - C = M * FE \quad (16)$$

Fuente: (IPCC, 2006)

Donde $CO_2 - C$ son las emisiones anuales de C provenientes de la aplicación de urea al suelo [ton C año⁻¹], M representa a la cantidad anual de fertilización con urea [ton urea año⁻¹] y FE es el factor de emisión [ton C de úrea⁻¹] (IPCC, 2006).

El factor de emisión para este apartado equivale al contenido de carbono de urea sobre la base de su peso atómico (20% para CO(NH₂)₂) es decir 0.20 (IPCC, 2006).

Para convertir las emisiones de $CO_2 - C$ en CO_2 se utiliza la siguiente relación:

$$CO_2 = CO_2 - C * \frac{44}{12} \quad (17)$$

Fuente: (IPCC, 2006)

4.2.3.2.2.4 ESTIMACIÓN DE CO₂ POR EL USO DE FERTILIZANTES

Para la estimación de CO₂ por el uso de fertilizantes se utiliza la siguiente ecuación:

$$Kg\ CO_2eq/ha = cantidad\ de\ fertilizante\ ocupado * factor\ de\ emisión \quad (18)$$

Fuente: (BIOGRACE, 2011)

La Tabla 11 muestra los factores de emisión de los fertilizantes a base de N, P y K.

Tabla 11

Factores de emisión para fertilizantes

FERTILIZANTES	FACTOR DE EMISIÓN (Kg CO ₂ eq/kg)
Nitrogenados	5,88
Fosfatados	0,57
Potásicos	1,01

Nota: Tomado de BIOGRACE (2011)

4.2.3.2.2.5 ESTIMACIÓN DE CO₂ POR EL USO DE COMBUSTIBLES

Dentro del inventario de entradas y salidas de la fase agrícola del sistema convencional se pudo evidenciar mediante encuestas que utilizan maquinaria para el arado, por lo que es necesario aumentar a la huella de carbono el aporte proveniente de consumo de combustible por la maquinaria.

Para este apartado se siguieron las directrices establecidas en la IPCC 2006 para el cálculo de emisiones de CO₂ por el uso de combustibles; la ecuación es:

$$Emisión = \sum | Combustible_a * EF_a |$$

Fuente: (IPCC, 2006)

Donde el factor EF_a es igual al contenido de carbono del combustible multiplicado por 44/12, éste se multiplica por el combustible vendido y como resultado se obtendrá la emisión de CO₂ en kg.

Además de lo antes descrito, se debe conocer la densidad del combustible, el valor calórico neto y los factores de emisión para fuentes de consumo de combustible. Dichos valores se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 12

Valor Calórico Neto de combustibles

COMBUSTIBLE	VALOR CALÓRICO NETO (VCN) (TJ/Gg)	INFERIOR	SUPERIOR
Diésel	43	41,4	43,3
Gasolina	44,3	42,5	44,8

Nota: Tomado de IPCC (2006)

Tabla 13

Factores de emisión por defecto para maquinaria todo terreno

	FACTOR DE EMISION		
	CO ₂ (kg/T)	N ₂ O(kg/T)	CH ₄ (kg/T)
Fuente todo terreno	741000	4,15	28,6

Nota: Tomado de IPCC (2006)

Tabla 14

Densidad específica de los combustibles

COMBUSTIBLE	DENSIDAD (kg/m ³)
Diesel	832
Gasolina	745

Nota: Tomado de BIOGRACE (2011)

La **Figura 6** muestra el proceso que se debe llevar a cabo en cuanto a las transformaciones para poder obtener la emisión del combustible en kg.

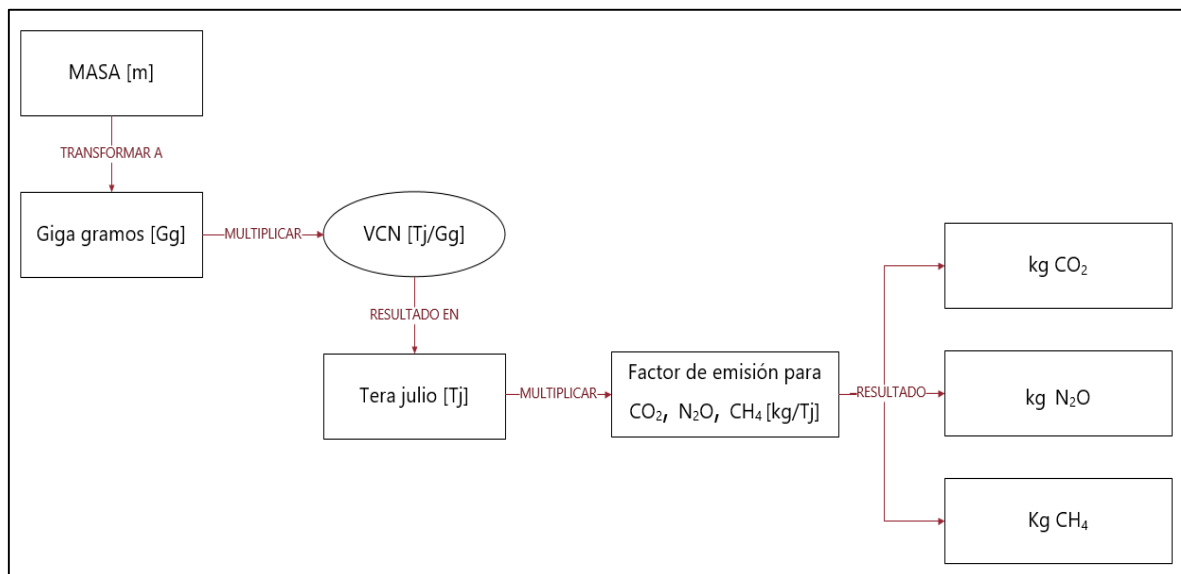


Figura 6: Proceso para el cálculo de la variable *Combustible_a*, a partir de los kg de combustible consumido
 Nota: Adaptado de N. Yandún (2018)

4.2.3.3 Estimación de la Huella Hídrica

Al igual que la HC, la metodología utilizada para la estimación de HH se basa en los lineamientos descritos por ISO. La ISO 14046:2015 “Gestión Ambiental-Huella de agua- Principios, Requisitos y Directrices” tiene la misma estructura que ISO 14067, por lo que las fases para ejecutar esta metodología se pueden observar en la **Figura 7** (ISO, 2014).

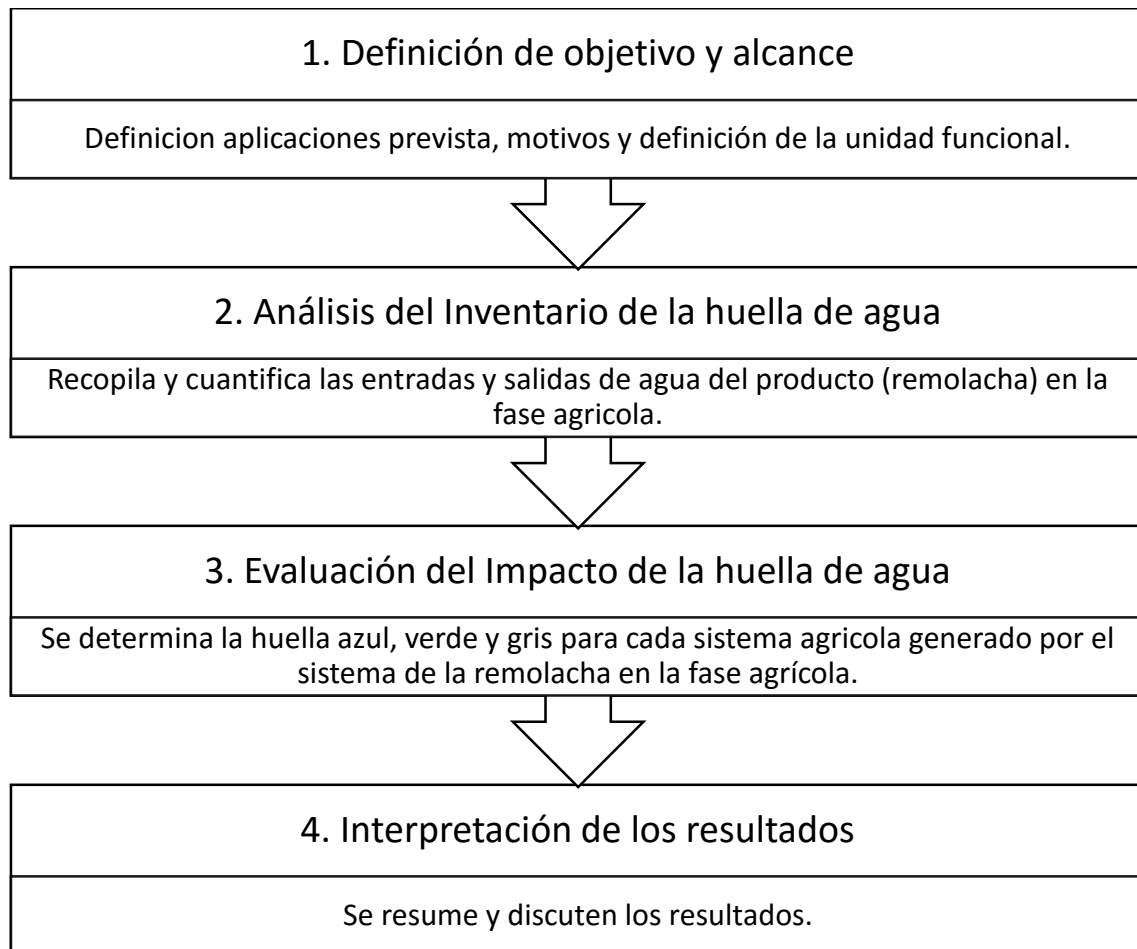


Figura 7: Metodología de ISO 14046 para la estimación de HH

Nota: Tomado de ISO (2014)

Se tomó como UF [m^3/kg de producto] para poder comparar ambos sistemas agrícolas, ya que no todos utilizan el agua en las mismas extensiones de terreno (WFN, 2015).

Para determinar la huella hídrica de la remolacha tanto en el SA como en SC es necesario establecer las entradas y salidas de agua que tiene la remolacha en la fase agrícola, para ello se realizó encuestas a los productores y se envió a laboratorio las muestras de agua para su respectivo análisis.

4.2.3.3.1 ANÁLISIS DEL INVENTARIO DE LA HUELLA HÍDRICA

El inventario de la huella hídrica de la remolacha se lleva a cabo recopilando información en campo realizando encuestas a los productores de ambos sistemas agrícolas, esto permite

identificar las entradas y salidas del consumo de agua en la fase agrícola de la remolacha (ver **Figura 8**) (ISO, 2014).



Figura 8: Entradas y salidas de agua en la fase agrícola de la remolacha.

Para calcular huella gris en los productores convencionales fue necesario conocer el tipo de fertilizante sintético que utilizan (ver **Anexo 8**) para determinar la cantidad de agua que se requiere para reducir la carga contaminante del fertilizante (WFN, 2015).

4.2.3.3.2 EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA HUELLA DE AGUA

Los lineamientos a seguir para determinar huella hídrica fueron tomados del “Manual de evaluación de la huella hídrica” creado por Water Footprint (WFN, 2011).

Una de las variables necesarias para determinar huella azul y verde es el requerimiento de agua por cultivo (RAC); para calcular esta variable es necesaria la utilización del programa CROPWAT 8.0.

Este programa es de fácil uso y consta de 8 pestañas que se deben llenar, sin embargo, en el presente estudio se utilizó solamente 4 pestañas para obtener el RAC: Clima, Precipitación, Cultivo y RAC (ver **Figura 9**).

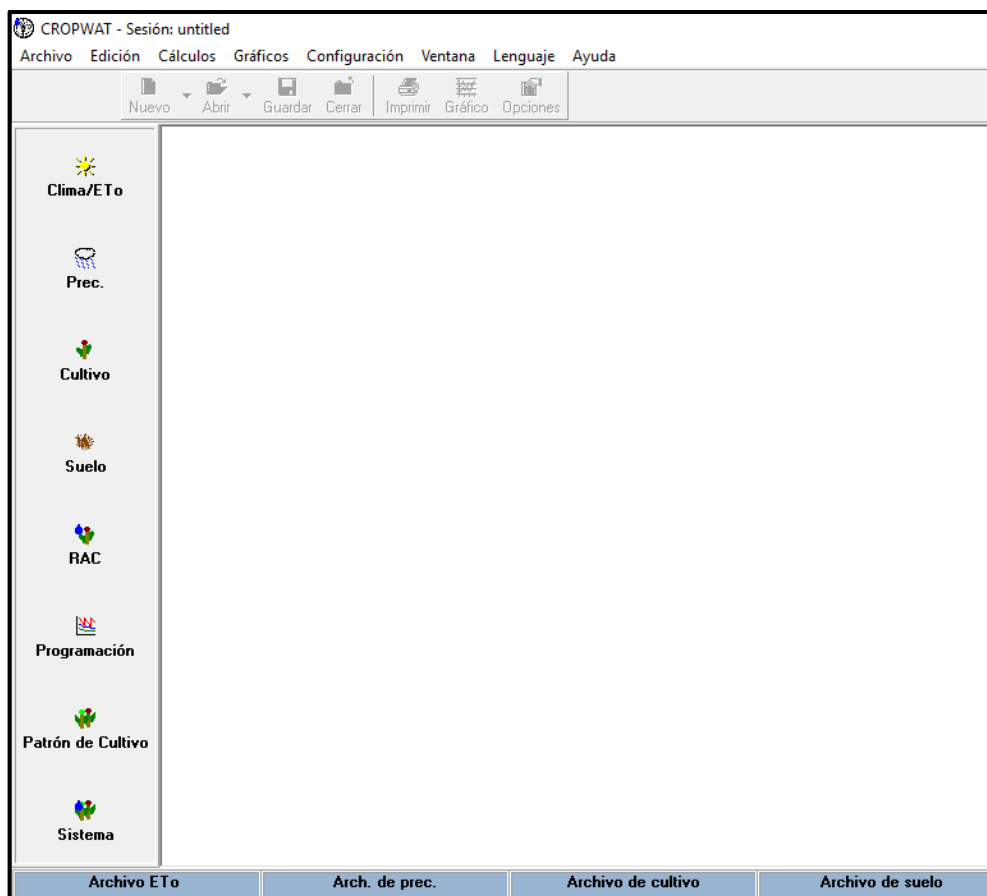


Figura 9: Programa CROPWAT 8.0 para el cálculo del RAC

La pestaña Clima contiene las opciones de Temperatura Promedio °C, % de Humedad, Velocidad del Viento e Insolación, estos datos fueron obtenidos del INAHMI y fueron ingresados manualmente por año y por agricultor; con los datos anteriores CROPWAT 8.0 procede a calcular el valor de la Evapotranspiración (ETo) que se requiere para obtener el RAC.

La siguiente pestaña es la de Precipitación y al igual que el clima, los datos que se deben ingresar se toman del INAHMI de la estación más cercana a la zona de estudio, siendo las estaciones Olmedo - Pichincha, Cangahua y Azcasubi mismos que permiten obtener la precipitación efectiva mediante el programa (ver **Figura 10**).

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA														
Humedad Relativa Media Mensual (%)														
S E R I E S M E N S U A L E S D E D A T O S M E T E O R O L O G I C O S														
NOMBRE: OLMEDO-PICHINCHA							CODIGO: M0023							
PERIODO: 2005 - 2017				LATITUD: 06 8' 16" N			LONGITUD: 78G 4' 39" W			ELEVACION: 3120.00				
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
2005	80													
2006								82		86		84		
2007		82	81	83	79	76	71	71	71	81	81	84		
2008	84	83	84	85	85	84		78	79	85	88	85		
2009	86	85	87	84	80	81	79	72	74	79	79	79	965	80
2010								70	74	77	81	81		
2011	77	83		83	80	83	80	71	74	82	87	86		
2012	87	86	85	86	85	78	80		80	80	80	83		
2013	80	82	79	84	85	87	85	85	87	87	90	89	1020	85
2014	87	88	88	85	85	84	82		77	81	82	81		
2015	83	84	85	85	84	82	81	80	80	83	84	82	993	82
media	83	84	83	84	82	81	79	76	77	82	83	83	982	81
minima	77	82	79	83	79	76	71	70	71	77	79	79		70
maxima	87	88	88	86	85	87	85	85	87	87	90	89		90

Figura 10: Datos meteorológicos Estación Olmedo - Pichincha (Humedad)

Nota: Datos Obtenidos del INAHMI

Para la pestaña de cultivo se requiere saber la fecha de siembra del cultivo, los valores del coeficiente único de cultivo (Kc), la duración de las etapas de crecimiento, la profundidad radicular, la fracción de agotamiento del cultivo y el factor de respuesta de la productividad del cultivo; la mayoría de estos datos fueron tomados de la “Guía para la determinación de los requerimientos de agua de cultivos” (ver **Tabla 15**) (FAO, 2006)

Tabla 15

Variables para el cálculo del RAC de la remolacha

Kc (remolacha)			
Kc inicial	Kc medio		Kc final
0,5	1,05		0,95
ETAPA (días)			
Inicial	Desarrollo	Med	Fin de temporada
15	25	20	10
25	30	25	10
Prof radicular (m)			
0,6 – 1,0			

Nota: Tomado de FAO (2006)

Las variables fracción de agotamiento del cultivo y el factor de respuesta de la productividad del cultivo se obtuvieron utilizando la calculadora de huella hídrica (Sandoval,

2017); los datos calculados se ingresan en el CROPWAT 8.0, ya una vez que estén todos los campos llenos el programa en la pestaña de RAC muestra los valores de evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar ET_c , la precipitación efectiva y el requerimiento de agua de riego para con éstas dos últimas variables poder obtener el RAC del cultivo (FAO, 2006).

Se regresa a la calculadora y se ingresa los valores obtenidos del RAC para determinar la huella hídrica azul y verde de cada productor; solo en el caso de que se utilicen fertilizantes inorgánicos se procede a calcular la huella gris, para esto se requiere saber la concentración de N, P y K que tiene el fertilizante, el área de cultivo, la producción del producto en kg/m^2 y el peso del producto en kg.

Finalmente se suman las diferentes huellas hídricas para cada sistema agrícola para posterior avanzar con la siguiente fase de la metodología de ISO que es la interpretación de los resultados.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Fase De Campo

El presente estudio se llevó a cabo en las parroquias de Santa Rosa de Ayora, Santa Marianita de Pingulmi y Cusubamba pertenecientes al Cantón Cayambe, Provincia de Pichincha (ver **Anexo 9**), La recopilación de datos para cada sistema agrícola se llevó a cabo entre los meses de julio y octubre de 2018 (ver **Tabla 16**).

Tabla 16

Características de las parcelas de productores agroecológicos y convencionales

Sistema	Productor	Código	Parroquia	Rendimiento (kg/ m ²)
Agroecológico	Erlinda P.	EP	Santa Rosa de Ayora	2,33
	Marlene C.	MC	Santa Marianita de Pingulmi	2,08
Convencional	César C.	CC	Cusubamba	1,43
	Manuel A,	MA	Cusubamba	1,06

5.2 Fase de Laboratorio

5.2.1 Suelo

Los resultados obtenidos en el laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cayambe para las muestras de suelo de los diferentes sistemas agrícolas se presentan en la **Tabla 17**.

Tabla 17*Parámetros físicos-químicos del suelo*

Parámetro	Unidad	Productores				Promedio	
		EP	MC	CC	MA	SA	SC
Conductividad	(μ S)	298,80	318,47	1550,33	526,07	308,63	1038,20
Materia Orgánica	%	8,27	8,23	8,53	8,73	8,25	8,63
pH		7,23	7,72	6,67	7,57	7,48	7,12
Arena	%	80	70	76,34	76	---	---
Arcilla	%	2	2	2,66	4,66	---	---
Limo	%	18	28	21	19,34	---	---
Suelo		FA	FA	FA	FA	FA	FA

Nota: Datos obtenidos en el Laboratorio de Suelos y Agua de la UPS

La materia orgánica (MO) es el principal indicador de la calidad de un suelo, ya que es fuente de energía para las plantas y microorganismos por lo que, si se encuentra entre el rango de 5 a 10 % quiere decir que es un suelo óptimo para el cultivo (Molina, 2013).

El promedio de MO del sistema agroecológico es 8,25% y para el convencional es 8,63% lo que indica que la calidad del suelo de ambos sistemas es óptima.

Respecto al valor del pH para determinar que un suelo es óptimo Molina (2013) indica que el rango debe ser entre 6 y 7, sin embargo se considerará un suelo básico de 8,5. En el análisis del pH del suelo del SA se obtuvo un valor de 7,48 y para el SC un pH de 7,12 por lo que se consideran también como suelos óptimos.

Se puede evidenciar que los valores promedios para SA y SC de pH y MO varían por decimas, e inclusive tienen el mismo tipo de suelo franco – arenoso quedando como conclusión que en el Canton Cayambe, en las zonas de estudio, los suelos son óptimos para la agricultura y que los suelos pertenecientes al sistema convencional aun no se ven afectados por el uso de fertilizantes sintéticos.

De las muestras enviadas al laboratorio para el análisis de pesticidas en los fertilizantes orgánicos que utilizan las productoras agroecológicas se obtuvieron los siguientes resultados del laboratorio LABOLAB.

Tabla 18
Análisis de pesticidas en fertilizantes orgánicos

Pesticida	Unidad	Productores				Promedio	
		EP	MC	CC	MA	SA	SC
Organoclorados	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Organofosforado	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Piretorides	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Piretrinas	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Ditiocarbamatos	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

Nota: Datos obtenidos en el Laboratorio LABOLAB

La **Tabla 18** resume que los fertilizantes que ocupan los productores tanto agroecológicos como convencionales no contienen pesticidas, su valor es mínimo para todas las muestras tomadas en campo.

5.2.2 Agua

En el estudio se recolectaron muestras de agua de riego que utilizan los productores agroecológicos y convencionales para su análisis físico-químico; esto se llevó a cabo en el Laboratorio de Suelo y Aguas de la UPS. La **Tabla 19** muestra los resultados de las muestras de agua de riego.

Tabla 19
Análisis físico-químico de agua de riego del SA y SC

Pesticida	Unidad	Productores				Promedio	
		EP	MC	CC	MA	SA	SC
Carbonatos	mg/l	0,67	1,30	0,37	0,27	0,98	0,32
Bicarbonatos	mg/l	0,52	0,55	0,75	0,97	0,53	0,86
pH	-----	6,73	6,84	8,01	8,44	6,785	8,225
Conductividad	(μS)	58,14	69,43	285,2	285,1	63,785	285,15

En el Acuerdo Ministerial 097-A, Tabla 3, se muestran los criterios de calidad admisibles para agua de uso agrícola, el valor óptimo de pH se encuentra entre 6 – 9 (MAE, 2015).

El pH del agua de riego del SA tiene un valor de 6,79 y del SC 8,22, lo que significa que el agua utilizada para el riego cumple con los criterios de calidad admisibles para su uso en la agricultura.

5.2.3 *Pesticidas en agua, suelo y producto*

Los resultados obtenidos de pesticidas para agua, suelo y producto realizado por el laboratorio certificado LABOLAB indicaron que ninguna de las muestras posee pesticidas (ver **Tabla 18**).

Al poseer suelos con pH y MO óptimos y con agua de riego dentro de los parámetros para su consumo en la agricultura hace que los valores que se muestran en la Tabla 18 sean bajos ya que estas variables tienen mucho que ver con la persistencia y evolución de los plaguicidas ya sea en el suelo, agua o en el producto (Sanchez & Sanchez, 2006),

5.2.4 *Huella de Carbono*

La última fase de la ISO 14067 para estimación de la HC indica que se deben resumir y discutir los resultados del análisis y evaluación de impactos del ciclo de vida de la fase agrícola de la remolacha. En este apartado se procede a evidenciar dichos resultados.

La generación de HC por productor, el promedio de HC de los diferentes sistemas agrícolas y los GEI se reflejan en la **Tabla 20**.

En el caso del SC, la producción de remolacha genera 2,66 [Kg CO₂ eq/kg de producto], a diferencia del agroecológico cuya emisión es de 0,52 [Kg CO₂ eq/kg de producto] (ver **Figura 11**).

Tabla 20 Huella de carbono del SA y SC

Sistema	Productor	Emisión (Kg CO ₂ eq)/kg de producto)	Total de Emisiones de GEI(kg CO ₂ eq/ha)	Total HC	Total GEI
SA	EP	0,49	1,13	0,52	1,13
	MC	0,55	1,13		
SC	CC	3,7	362,95	2,66	272,25
	MA	1,61	181,55		

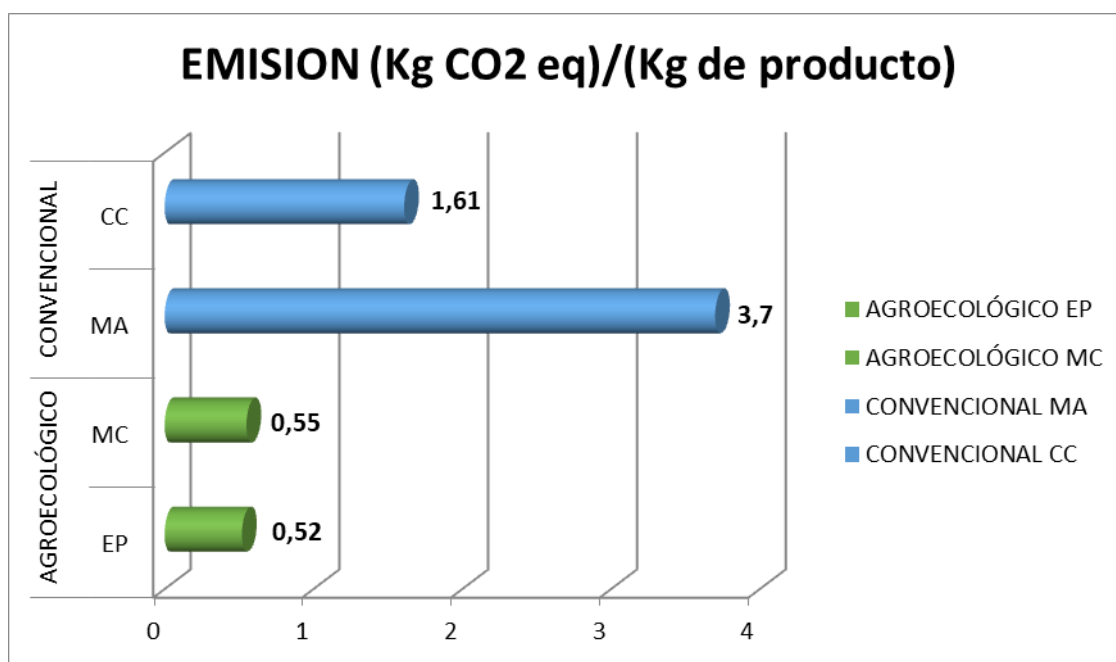


Figura 11: Huella de carbono generado por cada productor

En cuanto a la emisión de los GEI se evidencia que el SC produce 272,25 kg CO₂eq/ha mientras que el SA produce 1,13 kg CO₂eq/ha, que representa 240 veces más emisión que la emitida por el sistema agroecológico.

En la **Figura 12** se observa que los productores convencionales generan más HC a diferencia de los productores agroecológicos. El productor Manuel Alcocer (MA) pese a que siembra las remolachas en menos m² de terreno su HC es alta debido a que utiliza el doble de fertilizantes sintéticos que el productor Cesar Chasi (CC).

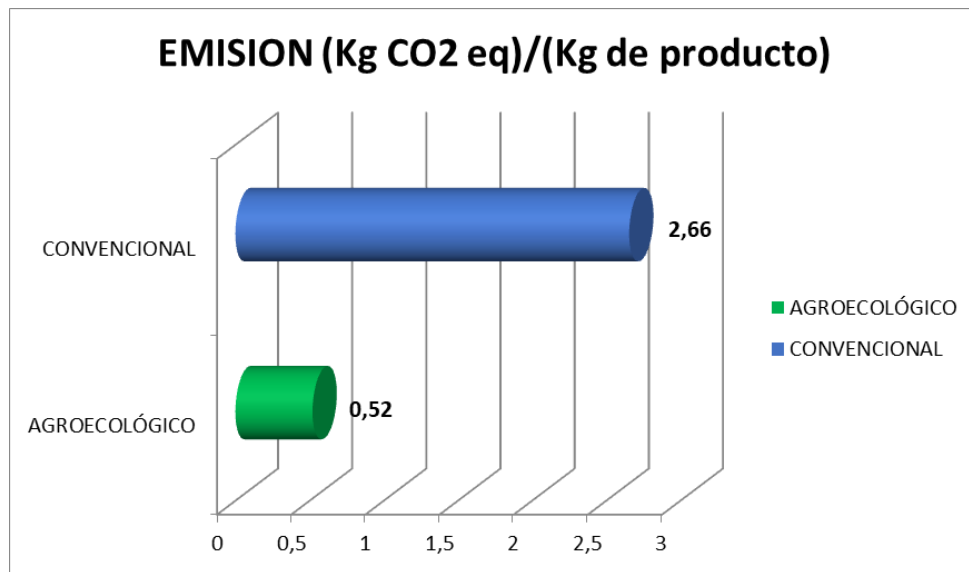


Figura 12: Comparación de la Huella de Carbono de los sistemas agrícolas SA y SC.

Una vez analizado cada uno de los aspectos necesarios para determinar HC, con los datos de la **Figura 12** se puede concluir que el SA genera una huella de carbono 5 veces menor a la que genera el sistema convencional.

Las huellas de carbono de la remolacha obtenidas, es muy cercano a los valores mencionado por Gonzalez & Guerra (2013) que se muestran en la Tabla 20.

Tabla 21

Huella de carbono en distintos países y regiones

Kg CO ₂ eq/ kg producto	Tipo	País	Fuente
116	Remolacha	Estados Unidos	Taylor & Koo, 2010
0,24 – 0,77	Remolacha	Unión Europea	CEFS. 2012
0,60	Remolacha	Reino Unido	Carbon Trust, 2008.

Nota: Tomado y adaptado de (Gonzalez & Guerra, 2013)

Los valores obtenidos de la huellas de carbono de la remolacha en los sistemas agroecológicos y convencionales se puede comparar con las HC medidos en la Unión Europea y el Reino Unido; a pesar de que Ecuador es un país en vías de desarrollo la HC se asemeja a estos países ya que tienen prácticas de cultivo similares, no muy tecnificados (Gonzalez & Guerra, 2013), a diferencia de la HC de Estados Unidos que tiene una valor

de 116 [Kg CO₂ eq/ kg producto], esto debido a que es un país desarrollado altamente tecnológico, donde utilizan grandes cantidades de maquinarias durante las fases de preparación, siembra y cosecha de los productos lo que hace que su HC se dispare. Comparando la HC del SC del presente estudio con la HC de EEUU, la huella de carbono de Cayambe es 45 veces menor que la que genera el país norteamericano.

5.2.5 Huella Hídrica

En este apartado se realiza el resumen y la discusión del análisis del inventario y de la evaluación de los impactos de la huella hídrica de acuerdo con la metodología descrita por ISO 14046 (ISO, 2014).

Los resultados obtenidos de la huella hídrica con sus respectivos componentes se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 22

Huella hídrica de los productores de remolacha del SA y SC

SISTEMA	COD	HH VERDE (l/kg)	HH AZUL (l/kg)	HH GRIS (l/kg)	HH TOTAL (l/kg)
Agroecológico	EP	1.93	23.75	0.00	8.56
	MC	1.96	20.83	0.00	7.60
Convencional	CC	0.44	8.31	10.87	6.54
	MA	0.19	5.65	7.32	4.38

Con los datos de la tabla anterior se puede evidenciar que los productores agroecológicos consumen menor cantidad de agua durante la fase agrícola de la remolacha para producir un kg de producto.

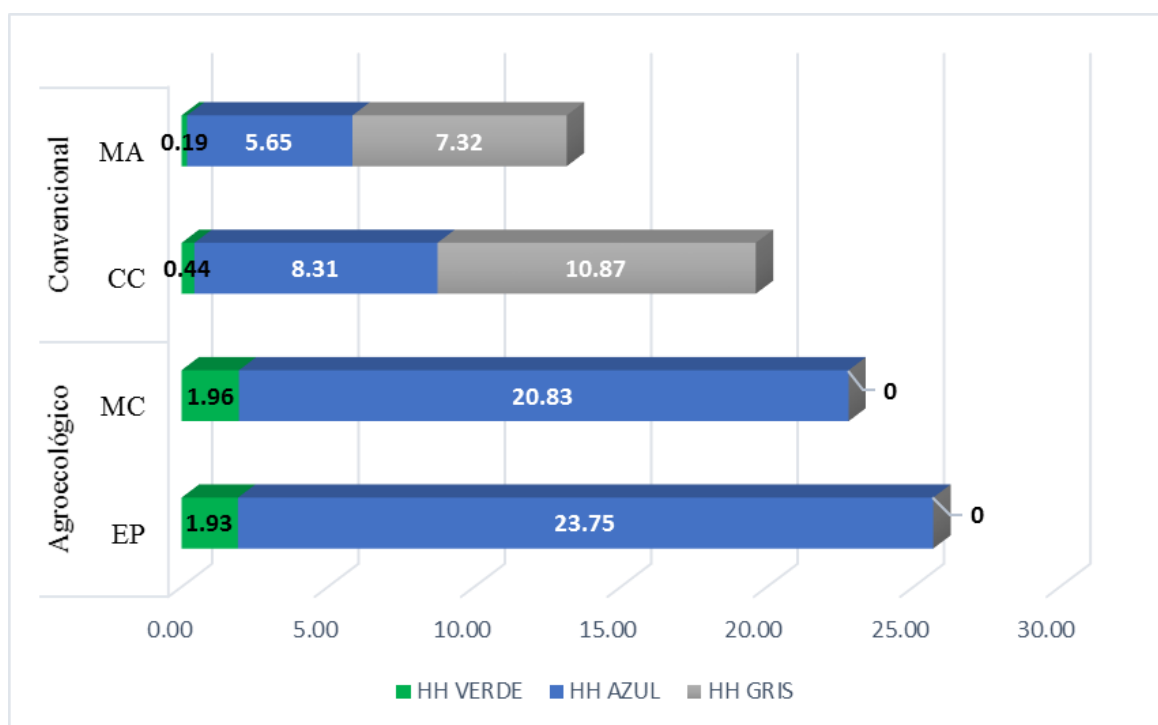


Figura 13: Huella Hídrica para el SA y SC

La **Figura 13** muestra que el consumo de agua para riego (huella azul) tanto en el SA como en el SC es más alto que las otras huellas, siendo los productores agroecológicos quienes consumen más entre 20 y 23 litros por kg de producto, es decir tres veces más que los convencionales.

Esto se debe a que cada productor maneja su propio sistema de riego ya sea por aspersión o por gravedad, y de acuerdo con los datos obtenidos en campo los productores agroecológicos riegan más tiempo los cultivos a diferencia de los productores convencionales que utilizan su sistema de riego 3 veces a la semana por 3 horas.

Cayambe es un cantón donde la precipitación no es muy concurrida, esta información va acorde a los datos meteorológicos obtenidos del INAHMI de las estaciones utilizadas en el presente estudio, por lo que la huella verde es baja para cada agricultor sin embargo en las parroquias de Santa Rosa de Ayora y Santa Marianita de Pingulmi las precipitaciones son

mayores que en Cusubamba por lo que en los cultivos agroecológicos la huella verde es 6 veces más que los productores convencionales (ver **Figura 13**).

La huella hídrica total obtenida en l/kg producto de ambos sistemas agroecológicos se muestra en la **Figura 14**.

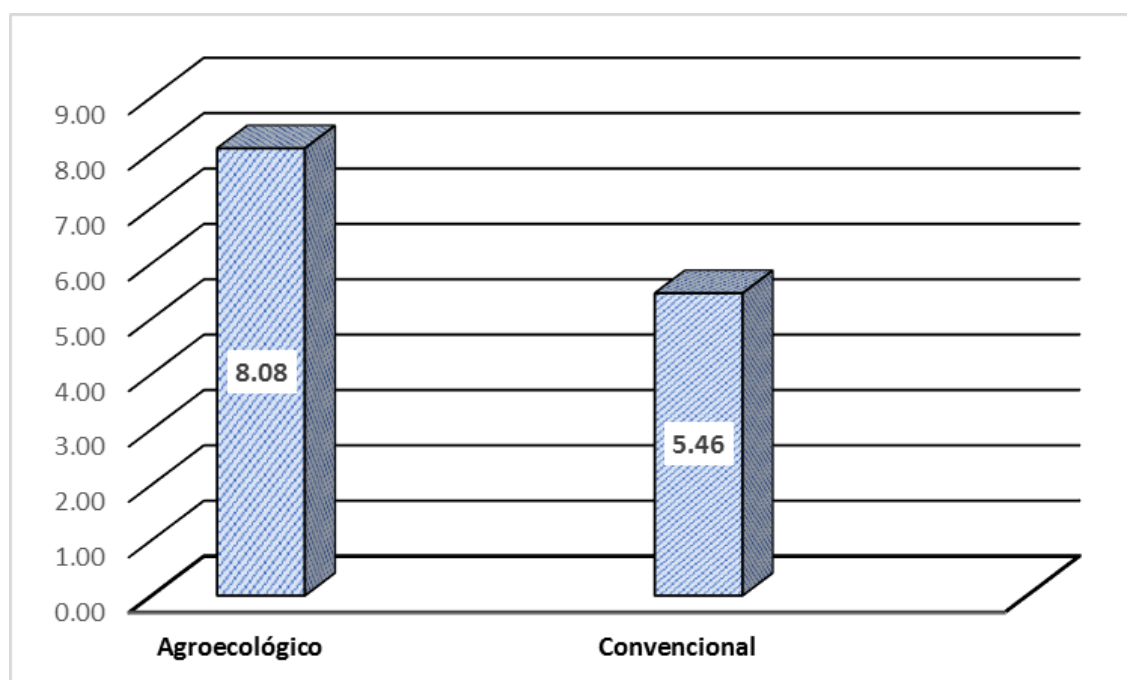


Figura 14: Huella hídrica total de los sistemas agrícolas

La Water Footprint Network ha establecido huellas hídricas a nivel mundial para los productos agrícolas. La **Tabla 23** muestra los valores de la HH para la remolacha y se ha añadido los valores de HH calculados en los sistemas agrícolas para poder compararlos.

Tabla 23

Huella hídrica mundial de la remolacha y de la presente investigación

	WFP	DATOS DE LA INVESTIGACIÓN	
	MUNDIAL	SA	SC
HH VERDE (l/kg)	535	1.94	0.31
HH AZUL (l/kg)	167	22.29	6.98
HH GRIS (l/kg)	162	0.00	9.09
HH TOTAL (l/kg)	865	8.08	5.46

Nota: Los valores de HH mundial fueron tomados de Mekonnen & Hoekstra (2011)

De acuerdo con los datos obtenidos del presente estudio, el sistema agroecológico de la remolacha consume el 0,93% de valor mundial HH, mientras que el sistema convencional consume el 0,63% comparando con la HH mundial ambos sistemas consumen aproximadamente 64 veces menos del recurso hídrico.

5.2.6 *Sistemas Participativo de Garantía*

En el estudio se procedió a verificar el cumplimiento de las dimensiones que evalúa el Comité Ético Cantonal para otorgar a los productores agroecológicos el carnet que los avalúen como tal, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 24

Cumplimiento de las dimensiones del SPG de productoras agroecológicas

	DIMENSIONES DEL SPG					
	P	S	C	ECO	E	TOTAL
EP	6	10	5	55	18	94
MC	6	6	5	55	20	92

Nota: P= Política, S= Social, C= Cultural, ECO= Ecológico
E= Económico

La **Figura 15**, muestra el puntaje que obtuvieron las productoras agroecológicas y el total que las hace acreedoras al carnet verde del SPG.

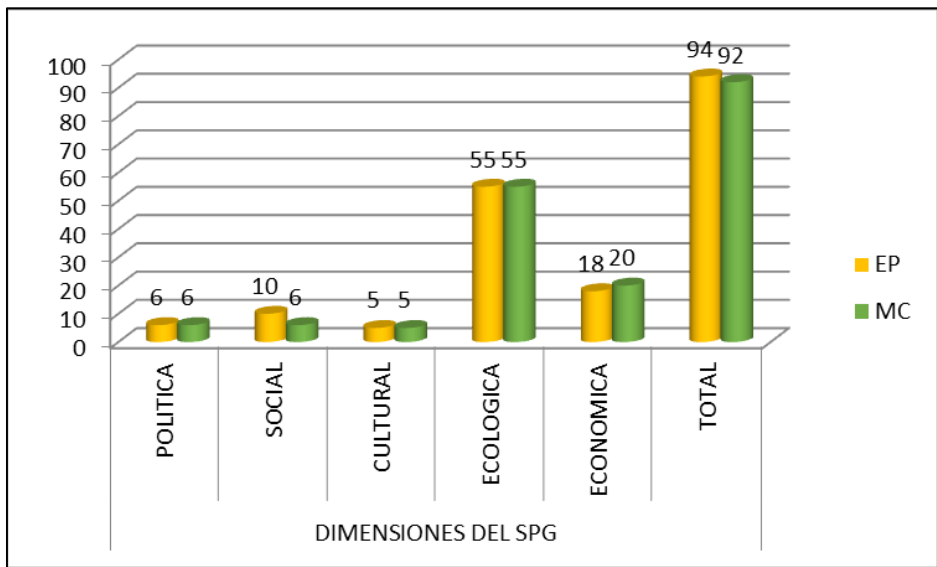


Figura 15: Evaluación de cumplimiento de las dimensiones del SPG de las productoras agroecológicas para la obtención del carnet

De acuerdo con la **Tabla 2**, y los resultados obtenidos en la **Tabla 24**, se confirma que las productoras del SA están aptas para vender en las ferias agroecológicas mismo que las avalúan como productoras agroecológicas.

6 CONCLUSIONES

Se determinó y evaluó las entradas y salidas de la fase agrícola de la remolacha tanto para el sistema agroecológico como para el convencional en base al ACV, mismo que permitió calcular la huella azul, verde y gris para HH y los gases de efecto invernadero para HC.

Los resultados obtenidos en la huella hídrica indican que los cultivos convencionales consumen el 0,63% del total de la huella hídrica mundial establecida por WFP, además se refleja en la Figura 14 que la huella hídrica total para cultivos agroecológicos en comparación a los convencionales es 1,4 veces, La huella gris de los cultivos convencionales no se puede comparar con el agroecológico ya que este tipo de cultivo en Cayambe no utiliza fertilizantes inorgánicos que requieran agua para disminuir la carga contaminante.

En cuanto a los cultivos agroecológicos se concluye que el consumo de agua en comparación a la huella hídrica mundial es del 0,93%. Los valores de huellas hídricas azul y verde obtenidos entre los cultivos agroecológicos son parecidos por lo que varían entre 0,9 y 1. Se asume que se debe a que los productores agroecológicos tienen que cumplir con las dimensiones del Sistema Participativo de Garantías, una de estas dimensiones es la ecológica que abarca el tema de manejo y conservación de suelos, uso del agua, agroforestería entre otros que hace que sus huellas hídricas sean 1,5 veces más grande que las de los cultivos convencionales.

Comparando la HC entre los cultivos convencionales y agroecológicos, se determina que el SC emite 5 veces más emisiones de CO₂ por kg de producto a comparación con EEUU que genera 44% menos que el país norteamericano.

De la Tabla 20 se concluye que los cultivos convencionales generan 5 veces mas huella de carbono que los cultivos agroecológicos.

Es significativo la producción de GEI en los cultivos convencionales, ya que por el uso de maquinarias para el proceso de preparación del suelo se genera mayor emisión de CO₂ por la quema de combustible a diferencia de los productores agroecológicos que no utilizan maquinarias para su proceso agrícola.

Con los datos analizados se puede concluir que todo proceso, producto o servicio a pesar de que empleen métodos con los que traten de minimizar impactos ambientales, van a generar contaminación, como es el caso de las productoras agroecológicas que siembran sus cultivos tratando de no afectar al medio ambiente sin embargo los análisis realizados indican que si generan impacto ambiental y que decir de los productores convencionales que por el uso de maquinarias, fertilizantes, insecticidas, pesticidas aportan 3 o hasta más veces sus emisiones de GEI y consumo de agua.

De lo anterior, se puede concluir que los productos provenientes de la agroecología generan mayor beneficio en los aspectos social, económico y ambiental ya que la calidad de los productos aumenta, son más nutritivos y en el caso de Cayambe gracias a la ordenanza municipal dispuesta el 8 de marzo de 2018, hace que los agricultores tengan oportunidad de vender sus productos en las ferias, aportando a la economía cayambeña. En la parte ambiental y en base a las dimensiones del SPG y al cumplimiento de las mismas en las parcelas agroecológicas, se evidencia que el impacto ambiental en comparación con el sistema agrícola convencional es menor.

7 RECOMENDACIONES

Se recomienda seguir con el estudio de las demás fases del ciclo de vida de la remolacha que permita tener datos reales del impacto ambiental que se genera tanto en el sistema agrícola convencional como en el agroecológico.

8 BIBLIOGRAFÍA

- AGROCALIDAD. (2018). *INSTRUCTIVO DE MUESTREO DE PRODUCTOS AGRICOLAS PARA ANALISIS DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS* . Obtenido de Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario: <http://www.agrocalidad.gob.ec/documentos/lab/06-INT-CPA-01-Rev.-3-Muestreo-de-productos-agricolas-para-an-lisis-de-r.-plaguicidas-Vigente.pdf>
- AGROCALIDAD. (2018). *INSTRUCTIVO PARA TOMA DE MUESTRA DE FERTILIZANTES*. Obtenido de Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario: <http://www.agrocalidad.gob.ec/documentos/lab/01-INT-F-012-DE-MUESTREO-DE-FERTILIZANTES-REV-3.pdf>
- AGROCALIDAD. (2018). *INSTRUCTIVO PARA TOMA DE MUESTRAS DE SUELOS*. Obtenido de Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario: <http://www.agrocalidad.gob.ec/documentos/lab/05-INTSFA10.-Rev3.-Vigente.pdf>
- Alvarado, J., Ávila, E., Carillo, M., Ochoa, X., & Zamarripa, A. (Diciembre de 2011). *PRODUCCIÓN DE REMOLACHA AZUCARERA EN EL VALLE DE MEXICALI, B.C.* Obtenido de Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias: <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/3179/ProducciondeRemolachaAzucareraenelValledeMexicali.pdf;sequence=1>
- BIOGRACE. (2011). *COMPLETE LIST OF STANDAR VALUES VERSION PUBLIC*. Obtenido de BioGrace: https://www.biograce.net/img/files/BioGrace_additional_standard_values_-_version_1_-_Public.pdf

- BIOVIDA. (2007). *AGROECOLOGÍA*. Obtenido de BIOVIDA Red de Productoras y Productores Agroecológicos:
<https://biovidaecuador.wordpress.com/enfoques/agroecologia/>
- Carmona, B. (2004). *LAS PATENTES DE TRANSGÉNICOS COMO MECANISMO DE DOMINACIÓN DE LOS PAÍSES DESARROLLADOS. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN EN MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS*. Obtenido de UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS DE PUEBLA:
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lri/carmona_m_bl/
- CERES. (2015). *INSTRUCTIVO PARA LA TOMA DE MUESTRAS DE AGUA DE RIEGO*. Obtenido de Agrolaboratorio CERES Ciencia y Práctica:
http://labceres.com/Trifoliar_agua_lab.pdf
- COAG. (2013). *EL CULTIVO DE LA REMOLACHA*. Obtenido de Junta de Castilla y León:
http://bibliotecadigital.jcyl.es/es/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=10114988
- Espinoza, E. (2018). *AGROECOLOGÍA, UNA OPCIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS*. Obtenido de Revista La Granja:
<http://www.revistaelagro.com/agroecologia-una-opcion-para-la-produccion-de-alimentos/>
- FAO. (2006). *GUÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE AGUA DE CULTIVOS*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación : <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>
- FAO. (2011). *SEGUNDO INFORME SOBRE EL ESTADO DE LOS RECURSOS FITOGENÉTICOS PARA LA ALIMENTACIÓN Y AGRICULTURA EN EL MUNDO*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación y Agricultura: <http://www.fao.org/docrep/014/i1500s/i1500s10d.pdf>

- FAO. (2017). *GUIA METODOLOGICA PARA LA HUELLA DE CARBONO Y LA HUELLA DE AGUA EN LA PRODUCCION BANANERA*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i8333s.pdf>
- FDA. (Febrero de 1995). *CULTIVO DE REMOLACHA*. Obtenido de Fundación de Desarrollo Agropecuario: <http://www.cedaf.org.do/publicaciones/guias/download/remolacha.pdf>
- FEN. (2016). *REMOLACHA*. Obtenido de Fundacion Española de la Nutrición - Mercado Saludable de los Alimentos: <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/remolacha.pdf>
- GADIP CAYAMBE. (2018). *ORDENANZA DE REGULACIÓN DEL USO DEL ESPACIO PÚBLICO PARA LA COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS SANOS EN FERIAS AGROECOLÓGICAS*. Obtenido de Gobierno Autónomo Descentralizado Intercultural y Plurinacional del Municipio de Cayambe: http://municipiocayambe.gob.ec/images/ley_transparencia/Ordenanzas/2018/2.2018%20Ordenanza%20de%20Regulacion%20del%20uso%20del%20espacio%20publico%20para%20la%20comercializacion%20de%20productos%20agroecologicos..PDF
- Gonzalez, B., & Quispe, J. (2016). *AGROECOLOGÍA Y DESARROLLO LOCAL: Fortalecimiento del modelo de gestión local en la asociación Ressay, Parroquia Ayora, Cantón Cayambe, Provincia de Pichincha*. Recuperado el 2018, de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13540/TESIS%20FINAL%20GONZALEZ%20Y%20QUISPE%20-14%20DE%20MAYO%20%20-%20FINAL-IMPRIMIR%20v7.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- González, J. d. (1996). *LA REMOLACHA*. Obtenido de Escuela de Veterinaria de Córdoba:
file:///C:/Documents%20and%20Settings/3-
00001/Mis%20documentos/Downloads/Binder1.pdf
- Gonzalez, O., & Guerra, A. (2013). *LA HUELLA DE CARBONO DEL AZUCAR DE GUATEMALA*. Obtenido de Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático: <https://icc.org.gt/wp-content/uploads/2017/05/Revista-Final-Enero-Marzo-2015-4-10.pdf>
- IHOBE S.A. (2009). *ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA Y HUELLA DE CARBONO*. Obtenido de http://www.comunidadism.es/wp-content/uploads/downloads/2012/10/PUB-2009-033-f-C-001_analisis-ACV-y-huella-de-carbonoV2CAST.pdf
- INEC. (2016). *ENCUESTAS DE SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA CONTINUA*. Obtenido de Ecuador en cifras: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2016/Informe%20ejecutivo%20ESPAC_2016.pdf
- INEN. (1998). *NTE INEN 2 169:98 AGUA. CALIDAD DEL AGUA, MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS*. Obtenido de Instituto Ecuatoriano de Normalización : http://www.grupoquimicomarcos.com/downloads/medios_de_preservacion_de_muestras.pdf
- IPCC. (2006). *COMBUSTIÓN MOVIL*. Obtenido de INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf

- IPCC. (2006). *EMISIONES DE N₂O DE LOS SUELOS GESTIONADOS Y EMISIONES DE CO₂ DERIVADAS DE LA APLICACIÓN DE CAL Y UREA* . Obtenido de INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_11_Ch11_N2O&CO2.pdf
- ISO . (2006). ISO 14044: GESTIÓN AMBIENTAL: ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA, REQUISITOS Y DIRECTRICES. Brasil. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/339058890/Norma-NBR-ISO-14044-2009-pdf>
- ISO. (2006). ISO 14040: GESTIÓN AMBIENTAL, ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA, PRINCIPIOS Y MARCO DE REFERENCIA. COLOMBIA. Obtenido de http://files.control-ambiental5.webnode.com.co/200000127-a0991a28c5/NTC-ISO14040-2007%20Analisis_CicloVida.pdf
- ISO. (2014). ISO 14046: GESTIÓN AMBIENTAL: HUELLA DE AGUA. PRINCIPIOS, REQUISITOS Y DIRECTRICES. COSTA RICA. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/308184205/Norma-INTE-ISO-14046-2015-Huella-de-Agua>
- ISO. (2015). *ISO 14067: GASES DE EFECTO INVERNADERO – HUELLA DE CARBONO DE LOS PRODUCTOS – REQUISITOS Y DIRECTRICES PARA LA CUANTIFICACIÓN Y LA COMUNICACIÓN.*
- Lopez, M. (Abril de 2013). *SISTEMAS PRODUCTIVOS DEL CANTÓN CAYAMBE.* Obtenido de http://ideportal.iee.gob.ec/geodescargas/cayambe/mt_cayambe_sistemas_productivos.pdf

- MADR, CIAT y CCAFS. (2014). *¿QUÉ ES LA HUELLA HIDRICA?* Obtenido de Clima y Sector Agropecuario Colombiano: <http://www.aclimatecolombia.org/huella-hidrica/>
- MAE. (2015). *Acuerdo Ministerial 097-A , Reformese el exo Unificado de Legislacion Secundaria.* Obtenido de Ministerio del Ambiente: http://gis.uazuay.edu.ec/ierse/links_doc_contaminantes/REGISTRO%20OFICIAL%20387%20-%20AM%20140.pdf
- MAGAP. (2011). *VI CENSO AGROPECUARIO.*
- MAPAMA. (2016). *LA REMOLACHA.* Obtenido de http://www.alimentacion.es/imagenes/es/remolacha_tcm5-39191.pdf
- Mekonnen M, & Hoekstra A. (2011). *THE GREEN, BLUE AND GREY WATER FOOTPRINT OF CROPS AND DERIVED CROP.* Obtenido de Waterfootprint: https://waterfootprint.org/media/downloads/Mekonnen-Hoekstra-2011-WaterFootprintCrops_2.pdf
- Molina, E. (2013). *ANALISIS DE SUELOS Y SU INTERPRETACIÓN.* Obtenido de Centro de Investigaciones Agrónomicas UCR: <https://drcomag.yolasite.com/resources/SUELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf>
- Montoya, W. (2016). *ECONOMIA Y DESARROLLO AGROPECUARIO PARA EL 2016.* Obtenido de Revista El Agro: <http://www.revistaelagro.com/economia-y-desarrollo-agropecuario-para-el-2016/>
- Ortega, G. (2009). *AGROECOLOGÍA vs. AGRICULTURA CONVENCIONAL.* Obtenido de <http://www.baseis.org.py/wp-content/uploads/2014/03/1395155082.pdf>
- REPAQ. (Octubre de 2012). *HUELLA DE CARBONO: Concepto y metodologías, Panorama Internacional.* Obtenido de Gobierno de Aragon:

http://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Departamentos/AgriculturaGanaderiaMedioAmbiente/MedioAmbiente/Documentos/Areas/CambioClim%C3%A1tico/HC_Concepto.pdf

Sáez, A. (2010). *LA AGRICULTURA Y SU EVOLUCIÓN AGRÍCOLA*. Obtenido de <http://www.obrapropia.com/viewinteriorobra.ashx?idObra=56>

Sanchez, M., & Sanchez, M. (2006). *LOS PLAGUICIDAS: ADSORCIÓN Y EVOLUCIÓN DEL SUELO*. Obtenido de Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/12919/1/plaguicidas.pdf>;

Sandoval, E. (2017). *Estimación de la huella hídrica en los cultivos de quinua (Chenopodium quinoa) de los cantones Cayambe y Riobamba ubicados en los Andes Ecuatorianos*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14109>

SEDAL. (2018). *LOS SISTEMAS PARTICIPATIVOS DE GARANTÍA - SPG's*. Obtenido de Fundación Sedal.

Tituaña, M. (Marzo de 2011). ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE REMOLACHA AZUCARERA FORRAJERA (Beta vulgaris var. altísima) EN EL CANTÓN QUITO, RPOVINCIA DE PICHINCHA. Quito , Pichincha, Ecuador. Obtenido de Repositorio Universidad San Francisco de Quito.

WFN. (2011). *THE WATER FOOTPRINT ASSESMENENT MANUAL*. Obtenido de Water Footprint Network: https://waterfootprint.org/media/downloads/TheWaterFootprintAssessmentManual_2.pdf

WFN. (2015). *MANUAL DE EVALUACIÓN: Manual para la huella hídrica*. Obtenido de

Water

Footprint

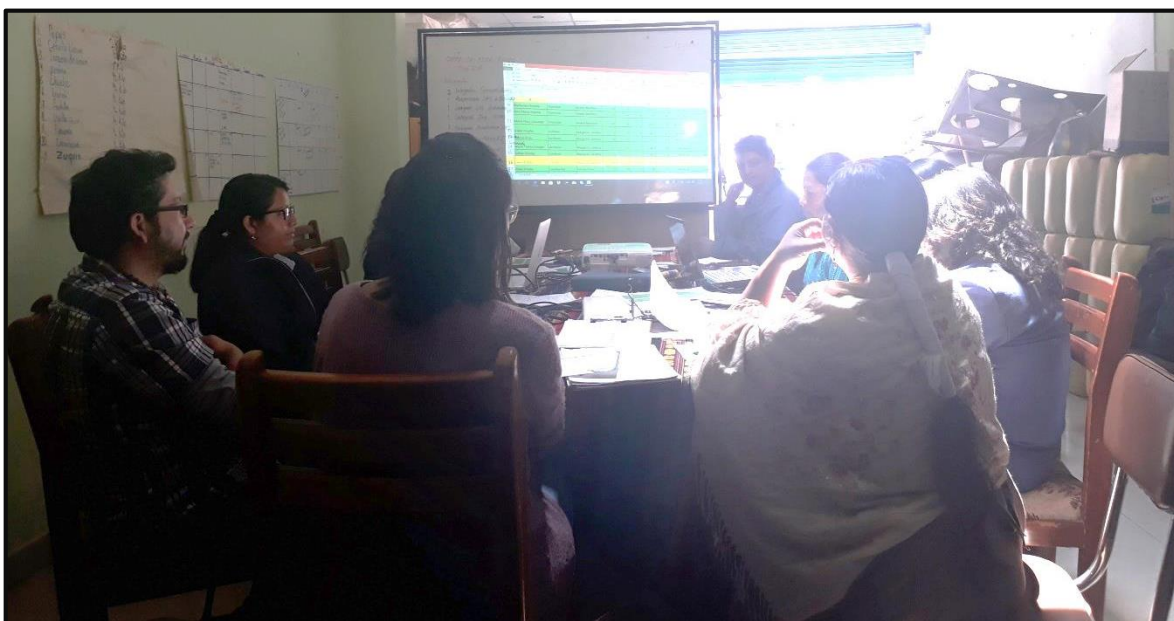
Network:

<https://waterfootprint.org/media/downloads/ManualEvaluacionHH.pdf>

Zeven, A., & Zhukovsky, P. (1975). Recuperado el 11 de 2018, de DICTIONARY OF CULTIVATED PLANTS AND THEIR CENTRES OF DIVERSITY: Excluding ornamentals, forest trees and lower plants: <http://edepot.wur.nl/318076>

9 ANEXOS

ANEXO 1. Reunión de socialización del presente estudio en SEDAL



ANEXO 2. Muestreo de suelo



ANEXO 3. Muestreo de agua de riego



ANEXO 4. Muestras de fertilizantes (sólidos y líquidos)



ANEXO 5. Análisis físico-químico de las muestras de agua de riego y suelo

SUELO

MEDICION DE CONDUCTIVIDAD

No DE MUESTRA	1 (µS)	2 (µS)	3 (µS)
454	470.1	224.4	201.9
458	529.1	224.4	201.9
691	528.5	527.4	522.3
694	1546	1544	1561

MATERIA ORGÁNICA

No DE MUESTRA	1 (%)	2 (%)	3 (%)
454	8.6	8.05	8.15
458	8.05	8.3	8.35
691	8.8	8.75	8.65
694	8.45	8.5	8.65

POTASIO

No DE MUESTRA	1	2	3
454	0.6	0.7	0.7
458	1.6	1.1	1.2
691	0,08	0,7	0,8
694	0,09	0,08	0,07

MEDICION DE pH

No DE MUESTRA	1	2	3
454	7.12	7.25	7.33
458	7.77	8.05	7.33
691	7.58	7.58	7.54
694	6.65	6.68	6.69

AGUA

CARBONATOS

No DE MUESTRA	1	2	3
508	0.6	0.7	0.7
512	1.6	1.1	1.2
702	0,25	0,3	0,25
703	0,35	0,35	0,4

BICARBONATOS

No DE MUESTRA	1 (ml)	2 (ml)	3 (ml)
508	0.55	0.55	0.55
512	0.8	0.7	0.75
702	1,05	1	0,85
703	0,8	0,75	0,7

pH

No DE MUESTRA	1
508	6.84
512	7.13
702	8.44
703	8.01

CONDUCTIVIDAD

No DE MUESTRA	1
508	69.43
512	126.4
702	285.1
703	285.2

TEXTURA

No DE MUESTRA	PRIMERA MEDICIÓN	MEDIDA A LAS 2 HORAS	ARENAS TOTALES (%)	ARCILLAS TOTALES (%)	LIMOS (%)
454	11	1	80	2	18
458	15	1	70	2	28
691	12	2,33	95,34	190,68	-93,01
694	11,83	1,33	97,34	194,68	-96,01

ANEXO 6. Modelo de encuesta para determinar entradas y salidas del SA y SC.

TIPO DE CULTIVO		FASE		PREPARACIÓN DEL SUELO	
VARIEDAD					
SUB-FASE		ARADO DEL SUELO			
TRABAJO REALIZADO POR LOS PRODUCTORES	NUMERO DE PERSONAS	HORAS			
TIPO DE VEHICULO					
FUENTE DE EMISIÓN	MÓVIL	ESTACIONARIA			
TIPO DE COMBUSTIBLE	GASOLINA	DIESEL			
	BIOCOMBUSTIBLE	OTRO			
CONSUMO DE COMBUSTIBLE	CANTIDAD	UNIDAD			
		dolares/día			
		Galoness/día			
SUB-FASE		FERTILIZACIÓN DEL SUELO			
TRABAJO REALIZADO POR LOS PRODUCTORES	NUMERO DE PERSONAS	HORAS			
TIPO	ABONO ORGÁNICO	FERTILIZANTE SINTÉTICO			
	COMPOST	OTRO			
Compost	CANTIDAD	UNIDAD			
		ton/ha			
N TOTAL		kg/ha			
Carbono Orgánico		%			
Materia Orgánica		%			
Potasio		kg K/ ha año			
Fosforo total		kg P/ ha año			
FASE		SIEMBRA			
TRABAJO REALIZADO POR LOS PRODUCTORES	NUMERO DE PERSONAS	HORAS			
Semillas	CANTIDAD	UNIDAD			
tipo de siembra	mecánica	manual			
FASE		CONTROL DEL CULTIVO EN EL CRECIMIENTO			
SUB-FASE	RALEO	DESHIERBA		APORQUE	
ACTIVIDAD REALIZADA	manual	manual		manual	
NUMERO DE PERSONAS					
MAQUINARIA	SI/ NO	SI/ NO		SI/ NO	
PESTICIDAS (cantidad)					
HERBICIDAS (cantidad)					

FASE		COSECHA	
TRABAJO REALIZADO POR LOS PRODUCTORES	NUMERO DE PERSONAS	HORAS	
SUB-FASE	CORTE DEL PRODUCTO		
ACTIVIDAD REALIZADA DE FORMA	mecánica	manual	
HERRAMIENTAS (especificar nombre de herramienta)			
FASE	ALMACENAMIENTO OUTPUT		
FORMA DE ENTREGA (saquito, caja, etc.)			
FASE	GESTIÓN DE RESIDUOS		
DESTINO DE LOS RESIDUOS DE LA COSECHA	quemar	vertedero	
COMPOSTAJE			
RESIDUOS GENERADOS	CANTIDAD	UNIDAD	
		kg/ha	
TRABAJO POR PERSONA			

TRABAJA CON EL SPG	SI	NO
TIPO DE CULTIVO		
VARIEDAD		
FECHA DE SIEMBRA		
FECHA DE COSECHA		
TIPO DE RIEGO	GOTEO	ASPERSION GRAVEDAD OTRO
DIAS DE IRRIGACION		
TIEMPO DE IRRIGACION		

Pago de agua:

Minga:

Nombre Canal:

Costo cuanto y a cuanto vende

ANEXO 7. Resultados de laboratorio de LABOLAB

MUESTRA:	Bocashi EPM001
LUGAR:	Santa Rosa de Ayora
CONDICIONES AMBIENTALES	25.3°C 32%HR

ANALISIS QUIMICO

PARAMETRO	METODO	RESULTADO
Nitrógeno (%)	Dumas	1.07 ± 0.04
Fósforo (%)	Colorímetro UV Vis	0,7404
Potasio (%)	AA	1,5354

MUESTRA:	Bocashi MCM004
LUGAR:	Santa Marianita de Pingulmi
CONDICIONES AMBIENTALES	25.3°C 32%HR

ANALISIS QUIMICO

PARAMETRO	METODO	RESULTADO
Nitrógeno (%)	Dumas	0,59
Fósforo (%)	Colorímetro UV Vis	1,6104
Potasio (%)	AA	1,1358

MUESTRA:	Biol MCM003
LUGAR:	Santa Marianita de Pingulmi
CONDICIONES AMBIENTALES	25.3°C 32%HR

ANALISIS QUIMICO

PARAMETRO	METODO	RESULTADO
Densidad (g/l)	Gravimétrico	1,0025
Nitrógeno (%)	Dumas	0,03
Fósforo (%)	Colorímetro UV Vis	0,0156
Potasio (%)	AA	0,1025

MUESTRA:	Superbiol EPM004
LUGAR:	Santa Rosa de Ayora
CONDICIONES AMBIENTALES	25.3°C 32%HR

ANALISIS QUIMICO

PARAMETRO	METODO	RESULTADO
Densidad (g/l)	Gravimétrico	1.0120
Nitrógeno (%)	Dumas	0,14
Fósforo (%)	Colorímetro UV Vis	0.0205
Potasio (%)	AA	0.2044



Orden de trabajo N° 186431
Hoja 1 de 1

NOMBRE DEL CLIENTE: Ronnie Lizano
DIRECCIÓN: La Vicentina
MUESTRA: Bocashi EPM001
CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA: Molido color café oscuro
FECHA DE RECEPCIÓN: 06 de septiembre del 2018
FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 05 de septiembre del 2018
LOCALIZACIÓN: Santa Rosa de Ayora
ENVASE: Funda de polietileno
FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO: 06 – 20 de septiembre del 2018
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME: 24 de septiembre del 2018
TOMA DE MUESTRA: Por cliente
CONDICIONES AMBIENTALES: 25.3°C 32%HR

ANÁLISIS QUÍMICO:

PARÁMETRO	METODO	RESULTADO
Nitrógeno (%):	Dumas	1.07±0.04
Fósforo (%):	Colorimétrico UV Vis	0.7404
Potasio (%):	AA	1.5354

ANEXO 8. Fertilizantes sintéticos utilizados por productores convencionales



ANEXO 9. Zona de estudio

